



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

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA CIVIL

TEMA:

“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LAS PARROQUIAS: LA MATRIZ Y PINGUILÍ DEL CANTÓN MOCHA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”.

AUTOR: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

TUTOR: Ing. Mg. Ruth Lorena Pérez Maldonado

AMBATO – ECUADOR

Septiembre - 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutora del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniera Civil, con el tema: "**CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS: LA MATRIZ Y PINGUILI DEL CANTÓN MOCHA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**", elaborado por la Srta. **Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa**, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1727651737, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autora.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Septiembre 2021

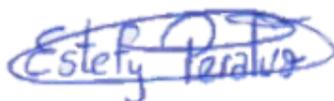
Ing. Mg. Ruth Lorena Pérez Maldonado

TUTORA

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa** con CI.: 172765173-7, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema: **"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS: LA MATRIZ Y PINGULI DEL CANTÓN MOCHA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Septiembre 2021



Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

CI. 1727651737

AUTORA

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 autora.

Ambato, Septiembre 2021



Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

CI. 1727651737

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal de grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante **Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa** de la carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: "**CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS: LA MATRIZ Y PINGUILI DEL CANTÓN MOCHA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**".

Ambato, Septiembre 2021

Para constancia firman:

Ing. Mg. Favio Paul Portilla Yandun
Miembro Calificador

Ing. Mg. Alex Xavier Frías Torres
Miembro Calificador

DEDICATORIA

Con infinito amor y agradecimiento dedico principalmente este trabajo a mis padres Cesár Manuel y Olguita Leonor, porque a pesar de tantas adversidades, han seguido de pie, enseñándonos a mi hermano y a mí a pelearle a la vida, haciendo un gran esfuerzo para apoyarnos en todo lo que está a su alcance, y brindándonos ese amor infinito con mano firme, que nos ha permitido crecer como personas de bien.

A mi hermano César Alejandro, por ser uno de mis motivos para surgir, por ser ese apoyo incondicional a lo largo de mi carrera, y por el cariño brindado en cada etapa de nuestras vidas.

A todos mis tíos y tías, de manera especial a mi ñaño Nelson Gonzáles, por haber sido mi mejor amigo desde siempre, por estar presente en todo momento y ser mi fortaleza en los momentos más difíciles.

A mi madriita Jackie Muñoz, por todos sus mimos y consejos desde siempre, por ser gran apoyo y guía en toda mi formación.

A mis maestros por compartir con nosotros sus conocimientos, su tiempo y su paciencia, de manera especial a la Ing. Jackeline Camino (+) por haberme motivado e impulsado para seguir en la carrera.

Finalmente, a mis compañeros y amigos de siempre, de manera especial a mis amigos de facultad, con quienes compartimos alegrías y tristezas, largas noches de estudio, quienes me extendieron su mano para llegar juntos a esta meta.

Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme permitido culminar la carrera, por haber bendecido mis estudios y cuidar de mí y de mi familia.

A mis padres y hermano por su constante esfuerzo para seguir brindándome su apoyo y amor incondicional.

A la Universidad Técnica de Ambato, por haber sido la entidad que me ha abierto sus puertas y ha permitido me forme profesionalmente.

Agradezco a los docentes de la Carrera de Ingeniería Civil por compartir con nosotros sus conocimientos, su tiempo y su paciencia, principalmente a mi tutora del trabajo de titulación, la Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado.

Agradezco a la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por permitirme realizar los ensayos necesarios para obtener los resultados del trabajo de titulación.

Y finalmente a mis amigos, en especial a Amanda, Jessica, María José, Lisett, y Lisbeth, por todos los valiosos momentos que hemos vivido en estos 6 años de carrera, y principalmente por haber compartido juntas el largo proceso de titulación.

Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

CARÁTULA.....	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xix
RESUMEN.....	xxii
ABSTRACT	xxiii
CAPÍTULO I.....	1
1 MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Justificación.....	2
1.1.3 Fundamentación teórica	3
1.1.3.1 El Suelo	3
1.1.3.1.1 Clasificación general del suelo.....	3
1.1.3.1.2 Fases del suelo.....	4
1.1.3.2 Propiedades Índice.....	5
1.1.3.2.1 Contenido de Humedad (W%)	5

1.1.3.2.2	Porosidad (n)	5
1.1.3.2.3	Relación de vacíos (e)	6
1.1.3.2.4	Grado de saturación del agua (Gw%).....	6
1.1.3.2.5	Grado de saturación del aire (Ga%)	6
1.1.3.2.6	Gravedad específica de los sólidos (Gs).....	7
1.1.3.2.7	Densidad de campo.....	7
1.1.3.2.8	Límites de Atterberg.....	8
1.1.3.2.9	Granulometría.....	11
1.1.3.3	Clasificación de los suelos según AASHTO	13
1.1.3.4	Clasificación de los suelos según SUCS	17
1.1.3.5	Propiedades Mecánicas	20
1.1.3.5.1	Resistencia mecánica del suelo	20
1.1.3.5.2	Resistencia al corte	20
1.1.3.6	Compactación.....	21
1.1.3.6.1	Proctor Modificado.....	22
1.1.3.6.2	CBR - CALIFORNIA BEARING RATIO.....	23
1.1.3.6.3	Cono de penetración Dinámico (DCP).....	25
1.1.3.7	Definiciones estadísticas	26
1.1.3.7.1	Media Aritmética.....	26
1.1.3.7.2	Varianza.....	26
1.1.3.7.3	Desviación Típica.....	27
1.1.3.7.4	Covarianza.....	27
1.1.3.7.5	Diagrama de Dispersión	27
1.1.3.7.6	Método de mínimos cuadrados.....	29
1.1.3.7.7	Regresión.....	30
1.1.3.7.8	Correlación	30

1.1.3.8	Diseño de pavimento	31
1.1.3.8.1	Pavimento	31
1.1.3.8.2	Clasificación	32
1.1.3.8.3	Diseño Pavimento flexible método AASHTO 1993	34
1.2	OBJETIVOS	43
1.2.1	Objetivo General	43
1.2.2	Objetivos Específicos.....	43
CAPÍTULO II		44
2	METODOLOGÍA	44
2.1	Niveles de Investigación	44
2.1.1	Nivel Exploratorio.....	44
2.1.2	Nivel Descriptivo	44
2.1.3	Nivel Relacional.....	44
2.1.4	Nivel Explicativo	44
2.2	Población y Muestra.....	45
2.2.1	Población.....	45
2.2.2	Muestra.....	46
2.3	Equipos y Materiales.....	48
2.4	Ensayos de Campo y de Laboratorio	49
2.5	Métodos.....	54
2.5.1	Plan de recolección de datos	54
2.5.2	Plan de procesamiento y análisis de información	55
2.5.3	Metodología para la determinación de las correlaciones	56
2.5.3.1	Correlación lineal múltiple	56
2.5.3.2	Correlación Múltiple de Tipo Logarítmica.....	57
2.5.3.3	Correlación Múltiple de Tipo Potencial	58

2.5.3.4	Correlación Múltiple de Tipo Exponencial	59
CAPÍTULO III	61
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
3.1	Análisis y discusión de los resultados	61
3.1.1	Propiedades Índice	61
3.1.1.1	Densidad de Campo.....	61
3.1.1.2	Gravedad Específica.....	62
3.1.1.3	Granulometría.....	63
3.1.1.4	Límites de Atterberg.....	64
3.1.2	Clasificación de suelos	64
3.1.3	Propiedades Mecánicas	67
3.1.3.1	Proctor	67
3.1.3.2	CBR	67
3.1.3.3	DCP	68
3.1.4	Tabla resumen de los ensayos de campo y de laboratorio	69
3.1.5	Nomenclatura	71
3.1.6	Correlaciones.....	72
3.1.7	Diseño Estructural de pavimento flexible AASHTO 93.....	99
3.1.7.1	Conteo Vehicular.....	99
3.1.7.2	Cálculo del tráfico actual del proyecto.....	99
3.1.7.3	Cálculo del tráfico futuro.....	103
3.1.7.4	Cálculo Eje equivalente según el período de diseño (W18).....	104
3.1.7.5	Aplicación de las correlaciones para diseño de pavimento flexible	
	114	
3.2	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	125
CAPÍTULO IV	126

4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	126
4.1	CONCLUSIONES	126
4.2	RECOMENDACIONES	128
	BIBLIOGRAFÍA.....	130
	ANEXOS.....	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación AASHTO	15
Tabla 2 Prefijos suelos granulares SUCS.....	17
Tabla 3 Sufijos suelos granulares SUCS,.....	17
Tabla 4 Prefijos suelos finos SUCS	18
Tabla 5 Sufijos suelos finos SUCS.	18
Tabla 6 Sistema de clasificación de suelos SUCS	19
Tabla 7 Ensayo Proctor Modificado-AASHTO T-180	22
Tabla 8 Clasificación de suelos según CBR	23
Tabla 9 Valores de penetración y carga unitaria patrón.....	25
Tabla 10 Nivel de correlación	31
Tabla 11 Período de diseño en función del tipo de carretera.	35
Tabla 12 Espesores mínimos.....	35
Tabla 13 Niveles de confiabilidad.....	36
Tabla 14 Desviación Estándar Normal	36
Tabla 15 Índice de serviciabilidad	38
Tabla 16 Capacidad de drenaje	41
Tabla 17 Corrección de coeficientes m_2 y m_3	42
Tabla 18 Ubicación de Calicatas.....	47
Tabla 19 Materiales, Equipos y Normas de ensayos realizados.	48
Tabla 20 Plan de recolección de datos	54
Tabla 21 Formato de cálculo para correlación lineal múltiple.....	56
Tabla 22 Sistema de ecuaciones correlación lineal múltiple	57
Tabla 23 Formato de cálculo para correlación logarítmica múltiple	57
Tabla 24 Sistema de ecuaciones correlación logarítmica múltiple	58
Tabla 25 Formato de cálculo para correlación potencial múltiple.....	58
Tabla 26 Sistema de ecuaciones correlación potencial múltiple.....	59
Tabla 27 Formato de cálculo para correlación exponencial múltiple	59
Tabla 28 Sistema de ecuaciones correlación exponencial múltiple	60
Tabla 29 Resultados del Ensayo de Densidad de Campo	61

Tabla 30 Resultados Gravedad Específica.....	62
Tabla 31 Resultados de Granulometría.....	63
Tabla 32 Resultados de límites de Atterberg.....	64
Tabla 33 Resumen de Clasificación AASHTO - SUCS.....	64
Tabla 34 Resultados Proctor.....	67
Tabla 35 Resultados CBR.....	67
Tabla 36 Resultados DCP.....	68
Tabla 37 Tabla Resumen de las propiedades del Suelo.....	69
Tabla 38 Tabla Resumen de las propiedades del Suelo.....	70
Tabla 39 Nomenclatura y sus unidades.....	71
Tabla 40 Correlaciones entre Propiedades Índice.....	72
Tabla 41 Correlaciones entre DN y Propiedades Índice.....	72
Tabla 42 Correlaciones entre CBR y Propiedades Índice.....	73
Tabla 43 Conteo Vehicular.....	99
Tabla 44 Análisis hora pico.....	99
Tabla 45 Índice de crecimiento vehicular (i%).....	100
Tabla 46 Tráfico actual del proyecto.....	102
Tabla 47 Tráfico proyectado para el período de diseño.....	103
Tabla 48 Relación entre Función, Clase y Tráfico.....	104
Tabla 49 Factor de daño según tipo de automotor (FD).....	104
Tabla 50 Factor de distribución por carril.....	105
Tabla 51 Cálculo del número de ejes equivalentes (W18).....	106
Tabla 52 Espesores mínimos según ejes equivalentes.....	107
Tabla 53 Nivel de confiabilidad "R".....	107
Tabla 54 Desviación Estándar Normal "Zr".....	107
Tabla 55 Determinación de valores a1.....	109
Tabla 56 Determinación de valores a3.....	110
Tabla 57 Corrección de coeficientes m2 y m3 en base al drenaje.....	111
Tabla 58 Cuadro resumen para cálculo de "SN", CBR 24%.....	112
Tabla 59 Diseño de pavimento flexible, CBR 24%.....	113
Tabla 60 Cuadro resumen para cálculo de "SN", CBR 29%.....	115
Tabla 61 Diseño de pavimento flexible, CBR 29%.....	117

Tabla 62 Cuadro resumen para cálculo de "SN", W18 impuesto, CBR 24%	119
Tabla 63 Diseño de pavimento flexible, W18 impuesto, CBR 24%	120
Tabla 64 Cuadro resumen para cálculo de "SN", W18 impuesto, CBR 29%	121
Tabla 65 Diseño de pavimento flexible, W18 impuesto, CBR 29%	123
Tabla 66 Cuadro resumen diseño de pavimento flexible	124
Tabla 67 Densidad de Campo, muestra 1	134
Tabla 68 Densidad de Campo, muestra 2	135
Tabla 69 Densidad de Campo, muestra 3	136
Tabla 70 Densidad de Campo, muestra 4	137
Tabla 71 Densidad de Campo, muestra 5	138
Tabla 72 Densidad de Campo, muestra 6	139
Tabla 73 Densidad de Campo, muestra 7	140
Tabla 74 Densidad de Campo, muestra 8	141
Tabla 75 Densidad de Campo, muestra 9	142
Tabla 76 Densidad de Campo, muestra 10	143
Tabla 77 Densidad de Campo, muestra 11	144
Tabla 78 Densidad de Campo, muestra 12	145
Tabla 79 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 1	146
Tabla 80 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 2	147
Tabla 81 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 3	148
Tabla 82 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 4	149
Tabla 83 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 5	150
Tabla 84 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 6	151
Tabla 85 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 7	152
Tabla 86 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 8	153
Tabla 87 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 9	154
Tabla 88 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 10	155
Tabla 89 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 11	156
Tabla 90 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 12	157
Tabla 91 Granulometría, muestra 1	158
Tabla 92 Granulometría, muestra 2	159
Tabla 93 Granulometría, muestra 3	160

Tabla 94 Granulometría, muestra 4.....	161
Tabla 95 Granulometría, muestra 5.....	162
Tabla 96 Granulometría, muestra 6.....	163
Tabla 97 Granulometría, muestra 7.....	164
Tabla 98 Granulometría, muestra 8.....	165
Tabla 99 Granulometría, muestra 9.....	166
Tabla 100 Granulometría, muestra 10.....	167
Tabla 101 Granulometría, muestra 11.....	168
Tabla 102 Granulometría, muestra 12.....	169
Tabla 103 Límite Líquido, muestra 1.....	170
Tabla 104 Límite Líquido, muestra 2.....	171
Tabla 105 Límite Líquido, muestra 3.....	172
Tabla 106 Límite Líquido, muestra 4.....	173
Tabla 107 Límite Líquido, muestra 5.....	174
Tabla 108 Límite Líquido, muestra 6.....	175
Tabla 109 Límite Líquido, muestra 7.....	176
Tabla 110 Límite Líquido, muestra 8.....	177
Tabla 111 Límite Líquido, muestra 9.....	178
Tabla 112 Límite Líquido, muestra 10.....	179
Tabla 113 Límite Líquido, muestra 11.....	180
Tabla 114 Límite Líquido, muestra 12.....	181
Tabla 115 Límite Plástico, muestra 1.....	182
Tabla 116 Límite Plástico, muestra 2.....	183
Tabla 117 Límite Plástico, muestra 3.....	184
Tabla 118 Límite Plástico, muestra 4.....	185
Tabla 119 Límite Plástico, muestra 5.....	186
Tabla 120 Límite Plástico, muestra 6.....	187
Tabla 121 Límite Plástico, muestra 7.....	188
Tabla 122 Límite Plástico, muestra 8.....	189
Tabla 123 Límite Plástico, muestra 9.....	190
Tabla 124 Límite Plástico, muestra 10.....	191
Tabla 125 Límite Plástico, muestra 11.....	192

Tabla 126 Límite Plástico, muestra 12.....	193
Tabla 127 Proctor Modificado, muestra 1.....	194
Tabla 128 Proctor Modificado, muestra 2.....	195
Tabla 129 Proctor Modificado, muestra 3.....	196
Tabla 130 Proctor Modificado, muestra 4.....	197
Tabla 131 Proctor Modificado, muestra 5.....	198
Tabla 132 Proctor Modificado, muestra 6.....	199
Tabla 133 Proctor Modificado, muestra 7.....	200
Tabla 134 Proctor Modificado, muestra 8.....	201
Tabla 135 Proctor Modificado, muestra 9.....	202
Tabla 136 Proctor Modificado, muestra 10.....	203
Tabla 137 Proctor Modificado, muestra 11.....	204
Tabla 138 Proctor Modificado, muestra 12.....	205
Tabla 139 CBR de Laboratorio, muestra 1	206
Tabla 140 CBR de Laboratorio, muestra 2	208
Tabla 141 CBR de Laboratorio, muestra 3	210
Tabla 142 CBR de Laboratorio, muestra 4	212
Tabla 143 CBR de Laboratorio, muestra 5	214
Tabla 144 CBR de Laboratorio, muestra 6	216
Tabla 145 CBR de Laboratorio, muestra 7	218
Tabla 146 CBR de Laboratorio, muestra 8	220
Tabla 147 CBR de Laboratorio, muestra 9	222
Tabla 148 CBR de Laboratorio, muestra 10	224
Tabla 149 CBR de Laboratorio, muestra 11	226
Tabla 150 CBR de Laboratorio, muestra 12	228
Tabla 151 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 1	230
Tabla 152 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 2	231
Tabla 153 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 3	232
Tabla 154 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 4	233
Tabla 155 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 5	234
Tabla 156 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 6	235
Tabla 157 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 7	236

Tabla 158 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 8	237
Tabla 159 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 9	238
Tabla 160 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 10	239
Tabla 161 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 11	240
Tabla 162 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 12	241
Tabla 163 Valores Típicos de las propiedades índice de los suelos ecuatorianos ...	243

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Composición del suelo.....	4
Figura 2 Determinación del límite líquido del suelo.....	9
Figura 3 Variación del volumen con respecto al contenido de humedad	11
Figura 4 Curva de distribución del tamaño de partículas.....	12
Figura 5 Carta de plasticidad de la AASHTO.....	14
Figura 6 Ábacos para determinar el Índice de Grupo	16
Figura 7 Carta de Plasticidad	18
Figura 8 Curva de compactación Proctor.....	23
Figura 9 Curva de Esfuerzo vs. Penetración	24
Figura 10 Curva DCP.....	26
Figura 11 Diagrama de dispersión	28
Figura 12 Relación lineal	28
Figura 13 Curva de mejor ajuste	29
Figura 14 Composición Pavimento Rígido	33
Figura 15 Composición de pavimento Semirrígido	33
Figura 16 Composición pavimento flexible.....	34
Figura 17 Nomograma para determinar el coeficiente estructural a1	39
Figura 18 Nomograma para la determinación del coeficiente estructural de la base granular (a2).....	40
Figura 19 Nomograma para la determinación del coeficiente estructural se la sub-base granular (a3).....	41
Figura 20 Mapa Político de Tungurahua.....	45
Figura 21 Mapa Político de Mocha.....	46
Figura 22 Ubicación de calicatas	46
Figura 23 Pozo a cielo abierto.....	49
Figura 24 Densidad de campo (Método del Cono y Arena de Ottawa).....	50
Figura 25 Penetrómetro dinámico estático (DCP)	50
Figura 26 Gravedad específica de los sólidos	51
Figura 27 Granulometría.....	51

Figura 28 Límite Plástico	52
Figura 29 Límite líquido (Copa Casagrande).....	52
Figura 30 Proctor Modificado tipo B.....	53
Figura 31 CBR	53
Figura 32 Rango Granulométrico.....	63
Figura 33 Carta de Plasticidad	65
Figura 34 Distribución de suelos según la clasificación SUCS	66
Figura 35 Distribución de la clasificación AASHTO	66
Figura 36 LP vs. LL	74
Figura 37 Gw vs. Wnat.	75
Figura 38 Ga vs. Wnat.	76
Figura 39 Wópt. vs. LL.....	77
Figura 40 Yd in-situ vs. e.....	78
Figura 41 γ_d in-situ vs. Wnat.....	79
Figura 42 γ_d máx. vs. Wópt.....	80
Figura 43 Wópt. vs LL - LP	81
Figura 44 Wópt. vs LL - γ_d in-situ	82
Figura 45 γ_d in-situ vs. LL - LP.....	83
Figura 46 γ_d máx. vs. LL - Cc	84
Figura 47 γ_d máx. vs. Wnat. - LL.....	85
Figura 48 γ_d máx. vs. Wnat - LP	86
Figura 49 DN vs. LL	87
Figura 50 DN vs. Gw%	88
Figura 51 γ_d máx. vs. DN	89
Figura 52 DN vs. e	90
Figura 53 DN vs. IP – Gw%	91
Figura 54 γ_d máx. vs. LL - DN.....	92
Figura 55 γ_d in-situ. vs. DN - Wnat.....	93
Figura 56 DN vs. CBR mayor.....	94
Figura 57 Wnat. vs. CBR mayor	95
Figura 58 γ_d máx. vs. CBR mayor.....	96
Figura 59 LP vs. LL - CBR mayor.....	97

Figura 60 γ_d máx. vs. W_{opt} – CBR mayor.....	98
Figura 61 Nomograma para determinar el coeficiente estructural de la subrasante a1	109
Figura 62 Nomograma para la determinación del coeficiente estructural a2.....	110
Figura 63 Nomograma para la determinación del coeficiente estructural a3.....	111
Figura 64 Software diseño de pavimento flexible, CBR 24%	112
Figura 65 Espesores de las capas del pavimento diseñado CBR laboratorio y W18 determinado.....	114
Figura 66 Software diseño de pavimento flexible, CBR 29%	116
Figura 67 Espesores de las capas del pavimento diseñado CBR correlaciones y W18 determinado.....	118
Figura 68 Software diseño de pavimento flexible, W18 impuesto, CBR 24%	119
Figura 69 Espesores de las capas del pavimento diseñado CBR laboratorio y W18 impuesto.	121
Figura 70 Software diseño de pavimento flexible, W18 impuesto, CBR 29%	122
Figura 71 Espesores de las capas del pavimento diseñado CBR correlaciones y W18 impuesto.	124

RESUMEN

La presente investigación hace referencia al análisis de suelo del Cantón Mocha, mediante las correlaciones de los ensayos California Bearing Ratio (CBR), Penetración Dinámica de Cono (DCP), Proctor Modificado, Límite Líquido, Límite Plástico, Granulometría, Gravedad Específica, Densidad de Campo, que nos permiten conocer las propiedades índice y mecánicas del suelo.

Una vez identificados los sectores a ser analizados, se establecieron 6 vías para su análisis, obteniendo dos muestras alteradas, realizando calicatas de 1.00m por 1.00m de profundidad variable a una distancia mayor a 500m aproximadamente.

Se realizaron los ensayos in situ y de laboratorio, y en base a los resultados obtenidos se consiguieron 25 correlaciones entre las distintas variables, aplicando métodos estadísticos de regresión simple y mínimos cuadrados, con un rango del coeficiente de determinación entre 51 y 95 por ciento, considerándose confiables.

Finalmente se diseñó el pavimento flexible, utilizando el CBR determinado en el laboratorio, y también el CBR calculado mediante correlaciones, obteniendo los mismos espesores en ambos casos, confirmando la confiabilidad de las correlaciones realizadas.

Palabras Clave: Ensayos de suelo, DCP, CBR, Propiedades índice, Propiedades mecánicas, Correlación, Pavimento Flexible, Mocha.

ABSTRACT

This research refers to the soil analysis of the Mocha Canton, through the correlations of the California Bearing Ratio (CBR), Dynamic Cone Penetration (DCP), Modified Proctor, Liquid Limit, Plastic Limit, Granulometry, Specific Gravity, Density of Field, which allow us to know the index and mechanical properties of the soil.

Once the sectors to be analyzed were identified, 6 routes were established for their analysis, obtaining two altered samples, making pits of 1.00m by 1.00m of variable depth at a distance greater than approximately 500m.

In situ and laboratory tests were carried out, and based on the results obtained, 25 correlations were achieved between the different variables, applying statistical methods of simple regression and least squares, with a range of the coefficient of determination between 51 and 95 percent. considering themselves reliable.

Finally, the flexible pavement was designed, using the CBR determined in the laboratory, and also the CBR calculated through correlations, obtaining the same thicknesses in both cases, confirming the reliability of the correlations made.

Keywords: Soil tests, DCP, CBR, Index properties, Mechanical properties, Correlation, Flexible Pavement, Mocha.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1.1 Antecedentes

Existen un gran número de investigaciones con respecto a las posibles correlaciones entre distintos ensayos de suelos, buscando un equilibrio de tiempo, costo y eficacia para el desarrollo de proyectos de ingeniería civil, en este caso, se requiere considerar aquellas que involucran las características de compactación para determinar la capacidad portante de la sub-rasante, base y sub-base en obras viales[1].

En una investigación realizada en la India, por T.Datta, y B.C.Chottopadhyay, se considera algunas correlaciones propuestas por varios investigadores, se utilizó un gran número de datos de prueba para propiedades simples del suelo para validar la eficacia de algunas de las correlaciones disponibles para CBR. Los valores considerados de CBR de distintos tipos de suelos, han sido utilizados para verificar la aplicabilidad y las limitaciones pertinentes. Los resultados son favorables en ciertas correlaciones para suelos arcillosos (CL), sin embargo, hay valores que no convergen, por lo que se recomienda aplicarlos con suelos semejantes entre sí. [1]

En Perú, se realizó un estudio comparativo entre CBR (California Bearing Ratio) y PDC (Penetración dinámica de cono), para mejorar la exploración y caracterización de los suelos de la localidad de Picsi-Chiclayo, investigación con la cual se pretendió demostrar la confiabilidad en la aplicación del PDC in situ, y obtener de manera directa los resultados de CBR de laboratorio, de manera fácil, rápida y económica; a través de una ecuación obtenida de la correlación entre los ensayos antes mencionados.[2]

En Ecuador se ha hecho varios estudios similares con el mismo fin, en la ciudad de Cuenca por ejemplo, se planteó la relación de CBR y DCP, ante la realidad de que el ensayo de CBR requiere mayor esfuerzo y tiempo que el DCP para determinar la capacidad portante del suelo, corroborándose en la norma ASTM D 6951-03 y así

verificar la confiabilidad de los resultados a fin de hacer más económicos los estudios geotécnicos requeridos en el diseño de pavimentos; sin embargo, debido al alto nivel de arcilla en los suelos analizados no se considera aplicable esta relación, se recomienda ejecutar trabajos similares con suelos menos arcillosos en condiciones de igual humedad y densidad. [3][4]

En la ciudad de Quito, Portilla y Pillajo, realizaron un muestreo a lo largo de la panamericana Norte, con el fin de contrarrestar el ensayo de CBR, con el ensayo de Penetración dinámica de cono, (DCP), y las demás propiedades índice que se requieran, aplicando leyes de regresión y el método de mínimos cuadrados. En su proyecto de investigación, demuestran que las mejores correlaciones, son aquellas que involucran propiedades como humedad óptima, límite líquido y densidad seca in-situ. [5]

1.1.2 Justificación

El análisis de las propiedades del suelo es primordial para la construcción de cualquier tipo de obra civil, para su determinación es necesario realizar distintos ensayos de suelos, sin embargo, el costo, tiempo y dificultad de desarrollo varían. Por ello resulta importante determinar una convergencia entre ciertos ensayos, mediante un análisis de regresión entre las propiedades del suelo, para optimizar los proyectos viales.[6]

Para dar soluciones geotécnicas garantizando el correcto comportamiento de la estructura de carreteras, el valor de CBR es un parámetro importante que debe ser evaluado, pero por sus costos altos y el tiempo que se requiere para su ejecución, es difícil conocer a exactitud la variación en las características del suelo a lo largo de la línea base. [1]

Por ello resulta necesario corroborar ciertas investigaciones que permiten considerar las correlaciones existentes entre distintos ensayos de variada complejidad, y así obtener resultados confiables de CBR, en base a las propiedades índice del suelo, y el ensayo de DCP.

Según la norma ASTM D 6951-03, es posible confiar en los resultados de una correlación entre el método de DCP con respecto al valor de CBR, optimizando tiempo y recursos en los estudios necesarios para el diseño de pavimentos.[3]

La siguiente investigación hace referencia al análisis del suelo en el Cantón Mocha, mediante la correlación de los ensayos California Bearing Ratio (CBR) de laboratorio, Penetración Dinámica de Cono (PDC) in situ, y demás ensayos de laboratorio que permiten conocer las propiedades índice y mecánicas del suelo, con el fin de que los resultados de este proyecto sean de gran utilidad para profesionales que se desenvuelven en el ámbito vial.

1.1.3 Fundamentación teórica

1.1.3.1 El Suelo

Se considera como suelo, a los sedimentos no consolidados de partículas sólidas, producto de la erosión de rocas, y transporte de suelos mediante agentes ambientales, como agua, hielo o viento, que pueden tener materia orgánica. Es un material de construcción bastante importante en el diseño y construcción de una obra de ingeniería civil.[7][8]

La estructura del suelo puede ser natural o artificial. Se conoce como natural a aquella que no ha sido alterada(“in situ”), y artificial, a aquella que ha sido transportada para ser utilizada como relleno o terraplén.[8]

Las propiedades de los suelos, están determinadas por el tamaño de sus partículas y el comportamiento que éstas tienen, siendo una base esencial en la mecánica de suelos. [7]

1.1.3.1.1 Clasificación general del suelo

Dentro de la ingeniería civil se agrupa al suelo principalmente en cuatro tipos:

Gravas .- Son acumulaciones de fragmentos de roca, sus partículas varían desde 7.62 cm hasta 2.0 mm, Su forma está dada por su origen, encontrándose elementos rodados y poliédricos.[9]

Arenas. - Material de grano fino, procedente de la denudación de rocas o su trituración artificial, sus partículas varían entre 2.0 mm y 0.05 mm de diámetro. Generalmente se encuentran en los mismo depósitos que las gravas.[9]

Limos. - Granos finos, diámetro entre 0.05 mm y 0.005 mm pueden ser limos orgánicos procedentes de canteras, con poca plasticidad, o limos inorgánicos, procedentes de ríos con altas características de plasticidad.[9]

Arcillas. - Partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm, al ser mezcladas con agua toman características plásticas. Con el 15% de arcilla presente en el suelo, éste tendrá propiedades de la arcilla.[9]

1.1.3.1.2 Fases del suelo

A pesar de que el suelo sea un material sólido y a simple vista compacto, existen espacios vacíos entre sus partículas, una fracción de suelo, está compuesta por materia sólida, líquida y gaseosa, la fase sólida se compone por partículas diminutas de roca o sedimentos. La fase líquida corresponde al agua ubicada entre los espacios vacíos de las partículas. La fase gaseosa corresponde al aire.

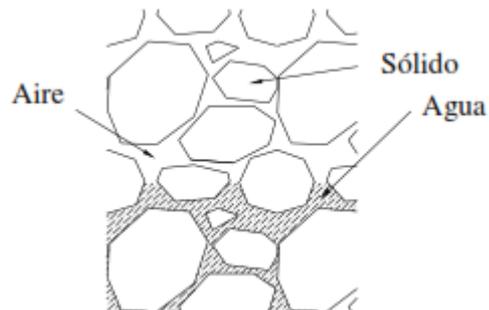


Figura 1 Composición del suelo

En base a estas características del suelo, se puede diferenciar 4 estados del suelo por su composición, siendo los siguientes:

Suelo saturado. - Este suelo contiene la fase líquida y la sólida, su nombre viene dado por que todos los espacios vacíos están llenos de agua.

Suelo no saturado. - También conocido como suelo húmedo, los vacíos están llenos por aire y agua.

Suelo seco.- Presenta dos fases, sólida y gaseosa, es decir, no presenta ninguna cantidad de agua.[7][9]

1.1.3.2 Propiedades Índice

1.1.3.2.1 Contenido de Humedad (W%)

Se define como el cociente entre la masa del agua contenida y la masa de los sólidos, de una muestra de suelo, no tiene límite mayor, puede llegar a cinco veces su unidad, se expresa en porcentaje:[8][10]

$$W\% = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Donde:

- W% = contenido de humedad (%)
- W_w = peso del agua presente en la masa del suelo (gr)
- W_s = peso de los sólidos en el suelo (gr)

Para determinar el peso seco, se debe poner la muestra de 18 a 24 horas en el horno a una temperatura de 100 a 110°C. La diferencia entre el peso de la muestra antes y después del proceso de secado, representa el peso del agua en la muestra. [8]

1.1.3.2.2 Porosidad (n)

Es la probabilidad de encontrar vacíos en el volumen de una muestra de suelo.[8] Se define como la relación entre el volumen de vacíos y el volumen total del suelo, es un valor adimensional y se expresa en porcentaje y su valor máximo es 100% : [9]

$$n\% = \frac{V_v}{V} * 100$$

Donde:

- V_v = volumen de vacíos
- V = volumen total del suelo

1.1.3.2.3 Relación de vacíos (e)

Se define como la relación entre el volumen de vacíos y el volumen de sólidos, del suelo, su valor puede ir desde 0 y alcanza valores muy altos.[8]

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

Donde:

- V_v = volumen de vacíos
- V_s = volumen total del suelo

La Porosidad y la relación de vacíos, guardan relación, ambos valores evalúan la misma propiedad, (el volumen relativo de vacíos) , la porosidad indica el volumen de agua almacenado en el suelo, y la relación de vacíos las posibles variaciones en el volumen del suelo, sin embargo, es posible determinar una en función de la otra.[11]

1.1.3.2.4 Grado de saturación del agua (Gw%)

Se define como la probabilidad de encontrar agua en los vacíos del suelo, es la relación del volumen de agua que contiene el suelo al volumen de vacíos del mismo[9], por lo que sus valores van de 0% a 100%. Mientras menor sea su porcentaje, el suelo se considera más seco. Físicamente resulta imposible encontrar un grado de saturación de 0% en la naturaleza[8]:

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

Donde:

- V_w = volumen de agua
- V_v = volumen de vacíos

1.1.3.2.5 Grado de saturación del aire (Ga%)

Se define como la probabilidad de encontrar aire en los vacíos del suelo, su porcentaje varía de 0% al 100%. Mientras menor sea su porcentaje, el suelo se considera más seco. [8]:

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

Donde:

- V_a = volumen de aire
- V_v = volumen de vacíos

1.1.3.2.6 Gravedad específica de los sólidos (G_s)

También conocida como densidad específica, es la relación del peso unitario de los sólidos con respecto a la densidad del agua[8].

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

Donde:

- γ_s = peso unitario de los sólidos
- γ_w = peso unitario del agua

La gravedad específica de los suelos en el medio fluctúa entre 2,65 y 2,72. Considerando 2.65 como el máximo valor teórico, por ser el más común.[8]

1.1.3.2.7 Densidad de campo

Para determinar el peso unitario del suelo seco, considerando la humedad y las características de compactación existentes in-situ. Se conocen dos procedimientos, tanto el método del cono de arena, como del balón de densidad utilizan el mismo principio, primero se debe conocer la densidad húmeda del suelo que se calcula de la siguiente manera[10]:

$$\gamma_m = \frac{\text{Peso del suelo húmedo}}{\text{Volumen del hueco}}$$

Donde:

- γ_m = densidad húmeda del suelo (g/cm^3)

Finalmente, la densidad seca se determina conociendo el contenido de humedad (w) de la muestra:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{Hum}}{1 + w}$$

Donde:

- γ_d = densidad seca del suelo (g/cm^3)
- w = *contenido de humedad*

1.1.3.2.8 Límites de Atterberg

En 1911 Atterberg, mediante una serie de ensayos, analizó la relación existente entre la consistencia del suelo fino que pasa el tamiz Nro. 40 y el contenido de humedad[8]. Definiendo así los siguientes estados en los suelos finos[11]:

Sólido.- Se rompe antes de deformarse, consistencia similar a un dulce duro.

Semisólido.- Al deformarse no recupera su forma inicial. Consistencia quebradiza.

Plástico.- Se deforma sin romperse. Tiene una consistencia de mantequilla suave a masilla en endurecimiento.

Líquido.- Es fácilmente deformable, comportamiento de líquido viscoso, se deforma por su propio peso. [8]

Y en base a la clasificación anterior, se establecen tres límites entre cada estado:

Límite Líquido (LL).

Es un contenido de humedad que divide la consistencia plástica de la líquida del suelo[11], se expresa en porcentaje, con respecto al peso seco. Los suelos plásticos en este estado, según Atterberg alcanzan una resistencia de 25 g/cm^2 , y su cohesión es nula[9].

Arthur Casagrande, en 1932, desarrollo un método de laboratorio para su determinación, conocido como la cuchara de Casagrande. Consiste en el análisis de una muestra que debe tener una consistencia líquida, practicar el ensayo varias veces con el mismo suelo. Con los datos obtenidos realizar un diagrama que tenga como abscisa en número de golpes en escala logarítmica, y en las ordenadas el contenido de humedad. El límite líquido será el contenido de humedad correspondiente a los 25 golpes[8][10].

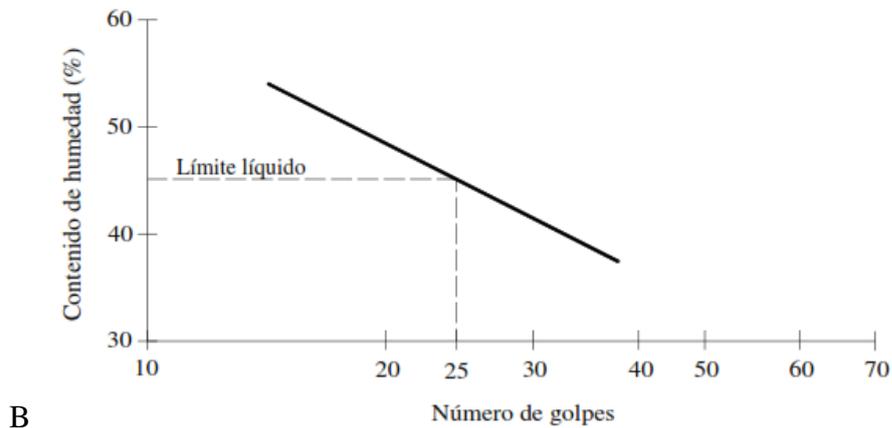


Figura 2 Determinación del límite líquido del suelo

Fuente: Fundamentos de mecánica de suelos. (Moncayo H. 2017)

Límite Plástico (LP)

Se define como el contenido de humedad de un suelo cohesivo, que marca el paso de un estado semisólido a uno plástico[9].

El límite plástico se determina humedeciendo lo suficiente la muestra de suelo, hasta formar una masa, posteriormente se realizan rollos con la mano sobre una superficie plana, ésta ira perdiendo humedad, y por lo tanto sus características plásticas, en este momento se determina el contenido de humedad, el mismo que será considerado el límite plástico del suelo[11].

Índice plástico (IP)

Es la diferencia entre el límite líquido, y el límite plástico[9].

$$Ip = LL - LP$$

Donde:

LL = Límite líquido

LP = Límite plástico

En base al valor de índice plástico, Atterberg considera que cuando se tiene un IP igual a cero es un suelo no plástico, cuando el IP es menor a 7 el suelo tiene baja plasticidad, si el valor de IP se encuentre entre 7 y 17 el suelo se considera medianamente plástico, y si el índice plástico es mayor a 17 es altamente plástico[9].

Índice de Liquidez (IL)

Es un valor adimensional, relaciona la diferencia entre el contenido de humedad natural y el límite plástico, con respecto al índice plástico, este valor indica el estado en el que se encuentra el suelo, y se calcula mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

IL = índice de Liquidez

W_{nat} = contenido de humedad natural

LP = límite plástico

IP = índice de plasticidad

Cuando el índice de liquidez es mayor a 1, se considera el suelo en estado líquido, con resistencia nula al corte; cuando es igual a 1, indica que la humedad natural es igual al límite líquido, la resistencia al corte es muy baja, si el IL está entre 0 y 1, el suelo se encuentra en estado plástico, tiene una moderada resistencia al corte, y si este valor es menor a 0, se trata de un suelo semisólido o sólido, su resistencia al corte es alta. [12]

Límite de contracción (LC)

Separa la consistencia sólida de la semisólida, está dado con respecto al contenido de humedad con el que a pesar de que disminuya, no tendrá cambios en el volumen del suelo.[9]

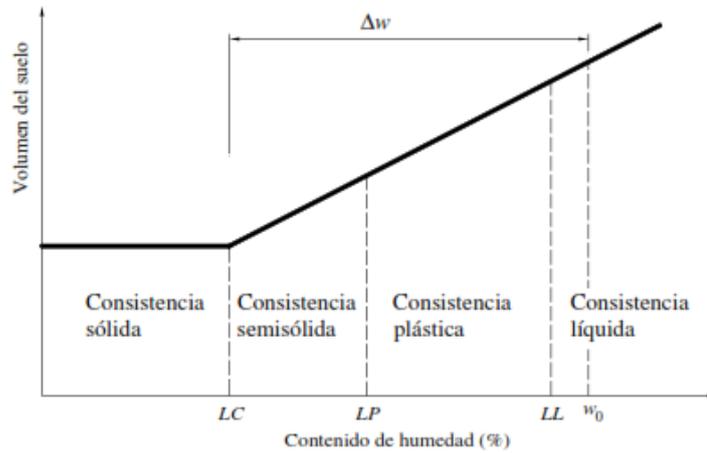


Figura 3 Variación del volumen con respecto al contenido de humedad

Fuente Fundamentos de mecánica de suelos. (Moncayo H. 2017)

1.1.3.2.9 Granulometría

Permite determinar la cantidad en porcentaje de los distintos tamaños de las partículas que contiene la muestra analizada[9], Los procedimientos que se realizan para su ejecución es el tamizado, y para partículas más finas, se aplica el proceso de sedimentación[8]

Se representa de forma gráfica, mediante una curva; en las abscisas, en escala logarítmica, se representa el tamaño de las partículas, y en el eje de las ordenadas se representa el porcentaje del material que pasa[8].

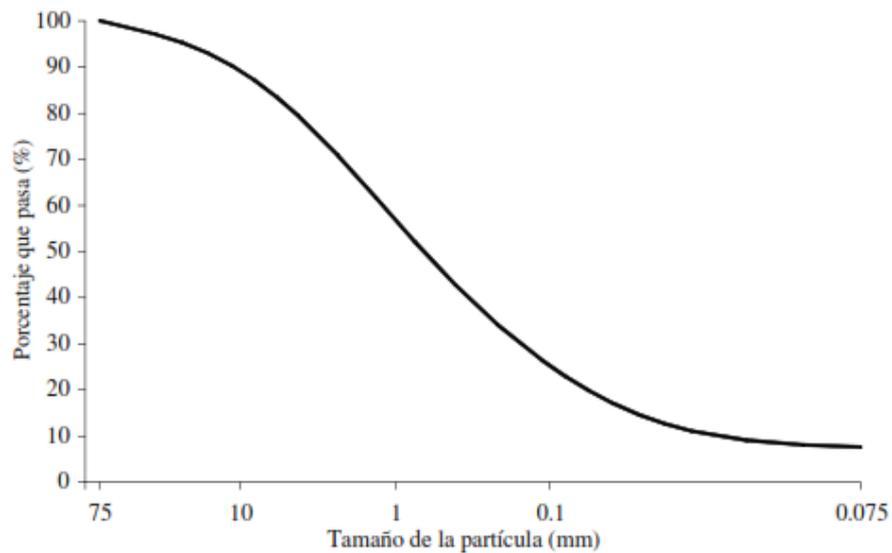


Figura 4 Curva de distribución del tamaño de partículas

Fuente Fundamentos de mecánica de suelos. (Moncayo H. 2017)

El análisis granulométrico permite definir ciertas características de la muestra que son importantes:

Tamaño Nominal máximo (TNM).- Corresponde al diámetro de las partículas que alcanzan el 5% del total de la muestra.

Diámetro efectivo (D_{10}).- Corresponde al diámetro en mm de las partículas que en la curva coincide con 10% de la muestra que pasa.

Diámetro equiparable (D_{30}).- Corresponde al diámetro en mm de las partículas que en la curva coincide con 30% de la muestra que pasa.

Diámetro dimensional (D_{60}).- Corresponde al diámetro en mm de las partículas que en la curva coincide con 60% de la muestra que pasa.

Coefficiente de uniformidad (Cu).- Es la relación entre diámetro dimensional, con respecto al diámetro efectivo, evalúa el grado de similitud entre las partículas.

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

Donde:

- **Cu** = Coeficiente de uniformidad
- **D₆₀** = Diámetro dimensional
- **D₁₀** = Diámetro efectivo

Coeficiente de curvatura (Cc).- Al igual que el coeficiente de uniformidad, permite conocer si el material está bien graduado[9]. Evalúa la progresión de la variación en el tamaño de las partículas, si el valor se encuentra entre 1 y 3 el suelo está bien graduado.[9]

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

Donde:

- **Cc** = Coeficiente de curvatura
- **D₆₀** = Diámetro dimensional
- **D₃₀** = Diámetro equiparable
- **D₁₀** = Diámetro efectivo

1.1.3.3 Clasificación de los suelos según AASHTO

Se introdujo en el año 1929, por el departamento de caminos de los Estados Unidos, principalmente se utiliza en ingeniería vial, enfocándose en el correcto diseño de subrasante y terraplenes[8].

Su clasificación general, viene dada por la granulometría de sus partículas, separando claramente las partículas gruesas de las finas. Se consideran granulares o gruesas a aquellas donde el 35% de la muestra o menos, pasa el tamiz #200, y se consideran finas cuando más del 35% de la muestra pasa el tamiz # 200[10].

Dentro de la clasificación general existen más subdivisiones, en el caso de suelos gruesos se establecen rangos por tamizado, y en los suelos finos se consideran los límites de Atterberg[7].

La siguiente figura, muestra un gráfico del rango de límite líquido y el índice plástico de los grupos A-2, A-4, A-5, A-6, y A-7.[13]

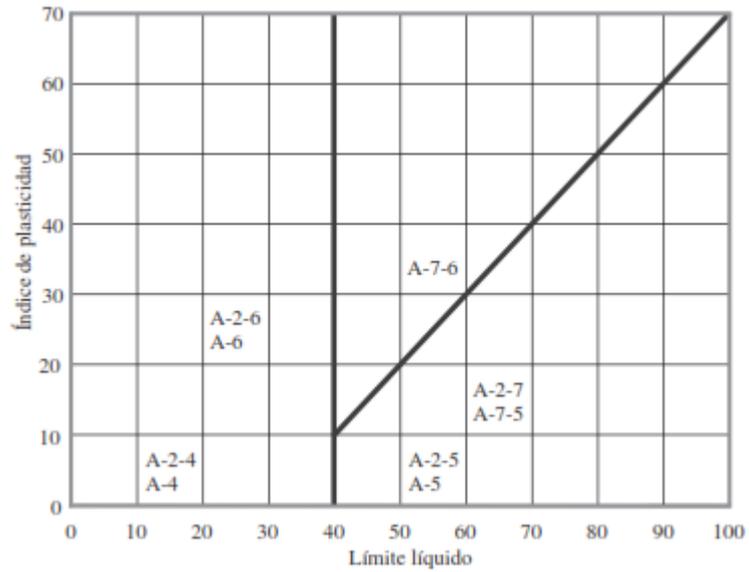


Figura 5 Carta de plasticidad de la AASHTO

Fuente: Fundamentos de ingeniería Geotécnica (Braja M. 2013)

Tabla 1 Clasificación AASHTO

Clasificación General		Materiales granulares 35% o menos pasan Tamiz 200							Materiales laminares más del 35% pasan Tamiz 200				
Grupos		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Porcentaje de material que pasa el tamiz:	N° 10	50 máx.											
	N° 40	30 máx.	50 máx.	51 min									
	N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min	36 min	36 min	36 min	36 min
Características de la fracción que pasa la malla 40	LL			NP	40 máx.	41 min	40 máx.	41 min	40 máx.	41 min	40 máx.	41 máx.	41 máx.
	IP	6 máx.	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 min	11 min	10 min	10 min	11 min	11 min	11 min
	Índice de grupo	0	0	0	0	4 máx.	8 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.	20 máx.
Tipo de material constituyente		Piedra, Grava, Arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos		
Comportamiento subrasante		Excelente a buena							Regular a mala				

Fuente: Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. (J. Bowles 1981)

Otro de los parámetros que la AASHTO evalúa para la calidad del suelo como material de subrasante, es el índice de grupo, que gráficamente se determina mediante el uso de ábacos considerando el límite líquido, el índice plástico y el porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200. La sumatoria del valor de ambos ábacos de la figura 6, dan el índice de grupo[10]:

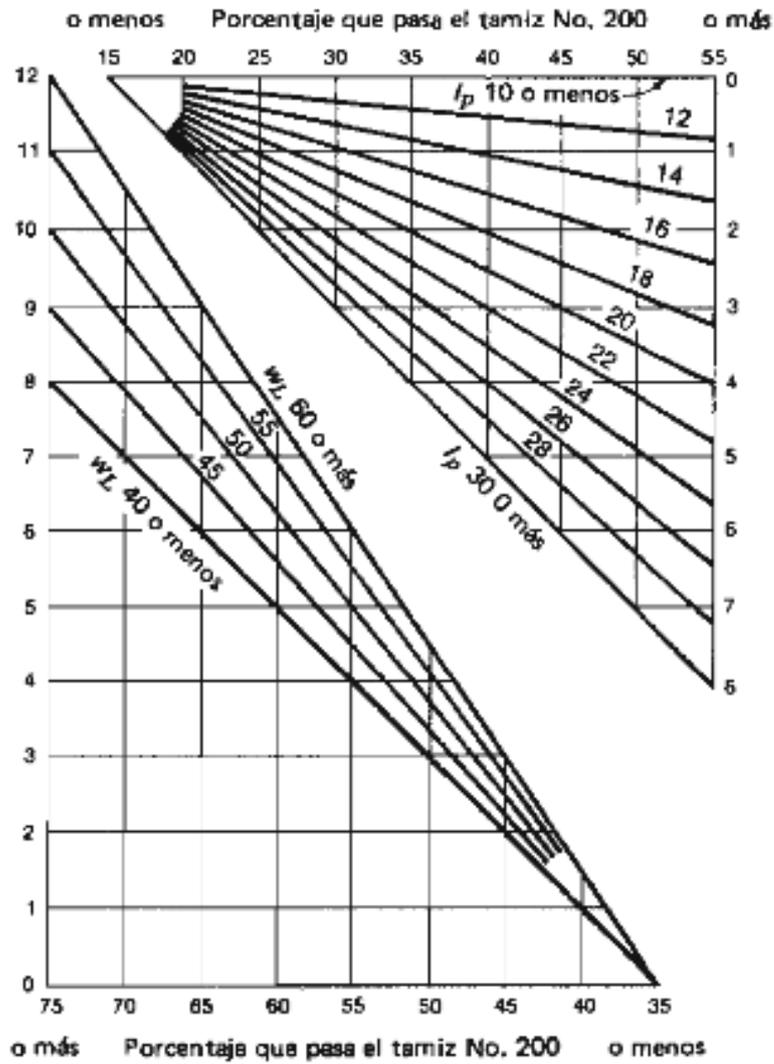


Figura 6 Ábacos para determinar el Índice de Grupo

Fuente: Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. (J. Bowles 1981)

1.1.3.4 Clasificación de los suelos según SUCS

Sus bases las dio Casagrande, en 1942, desde entonces se ha ido modificando, y utilizando en varios países [10].

Según el sistema unificado de clasificación de suelos, el material se considera grueso si se retiene más del 50% en el tamiz N° 200, de esta fracción, si el 50% se retiene en el tamiz N°4 se considera Grava, y el material que pasa, es Arena; por otro lado, cuando el 50 % de la muestra inicial pasa el tamiz N° 200, se considera Limo o Arcilla.[10]

Para su identificación se utilizan letras, el prefijo corresponde al tipo de suelo considerado, y el sufijo a las características del suelo.[8]

En suelos granulares se utiliza la siguiente nomenclatura:

Tabla 2 Prefijos suelos granulares SUCS.

PREFIJO	TIPO DE SUELO	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN
G	Grava	El 50% de la muestra o más, es retenido en el tamiz N° 4.
S	Arena	Más del 50% pasa el tamiz N° 4.

Fuente: Mecánica de Suelos (Duque G; Escobar C.)

Tabla 3 Sufijos suelos granulares SUCS,

SUFIJO	CARACTERISTICA	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN
W	Bien graduado	Depende del Cu y Cc.
P	Mal graduado	
M	Limoso	Depende del LL y el IP
C	Arcilloso	

Fuente: Mecánica de Suelos (Duque G; Escobar C.)

Si menos del 5% pasa el tamiz N° 200 se utiliza W o P, Si más del 12% pasa el tamiz N° 200 se considera M y C.

En suelos finos se utiliza la siguiente nomenclatura:

Tabla 4 Prefijos suelos finos SUCS

PREFIJO	TIPO DE SUELO
M	Limo
C	Arcilla
O	Orgánico

Fuente: Mecánica de Suelos (Duque G; Escobar C.)

Tabla 5 Sufijos suelos finos SUCS.

SUFIJO	TIPO DE SUELO	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN
L	Baja plasticidad (WL < 50%)	En la carta de plasticidad, separados por la línea B.
H	Alta plasticidad (WL > 50%)	

Fuente: Mecánica de Suelos (Duque G; Escobar C.)

Esta clasificación está dada por la carta de plasticidad de la SUCS, considerando los límites de Atterberg. La línea B, es perpendicular al eje del límite líquido separando alta y baja plasticidad con un valor de 50. La Línea A con un $IP = 0.73$ y LL igual a 20 separa arcillas inorgánicas, de limos y arcillas orgánicas[10].

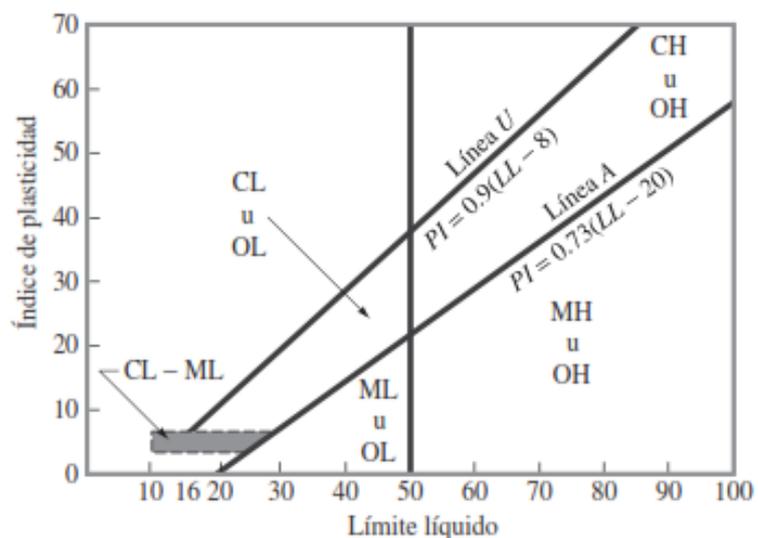


Figura 7 Carta de Plasticidad

Fuente: Fundamentos de ingeniería Geotécnica (Braja M. 2013)

Tabla 6 Sistema de clasificación de suelos SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES			SÍMBOLOS DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO (Más del 50% del material retenido en tamiz #200)	GRAVAS (más de 50% de fracción gruesa)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas bien graduadas	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}}; 1 < Cc < 3$		
			GP	Gravas mal graduadas	No cumple requisitos de gradación para GW		
	RETENIDA en el tamiz #4)	Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas Limosas	IP < 4	Doble símbolo para 4 < IP < 7	
			GC	Gravas arcillosas	IP > 7		
	ARENAS (más de 50% de fracción gruesa)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}}; 1 < Cc < 3$		
			SP	Arenas mal graduadas	No cumple requisitos de gradación para SW		
		PASADA en el tamiz #4)	Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas	IP < 4	Doble símbolo para 4 < IP < 7
				SC	Arenas arcillosas	IP > 7	
SUELOS DE GRANO FINO (Más del 50% pasa el tamiz #200)	Limos y Arcillas LL < 50		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas			
			CL	Arcillas inorgánicas			
			OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas			
	Limos y Arcillas LL > 50		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos			
			CH	Arcillas inorgánicas			
			OH	Arcillas orgánicas			
			SUELOS MUY ORGÁNICOS				PT

Según el % que pasa el tamiz #200

- < 5%: GW, GP, SW, SP.
- > 12%: GM, GC, SM, SC.
- 5%-12%: es necesario usar doble símbolo.

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

1.1.3.5 Propiedades Mecánicas

1.1.3.5.1 Resistencia mecánica del suelo

Corresponde a la resistencia interna, por una unidad de área, que el suelo presenta ante un deslizamiento o falla a lo largo de cualquier plano internamente.

Estos principios permiten solucionar problemas de estabilidad, y capacidad de carga en cimentaciones superficiales, pozos y pilotes[13].

1.1.3.5.2 Resistencia al corte

Considerando el comportamiento del suelo, la resistencia al corte se analiza en dos grupos: suelos friccionantes y suelos cohesivos.

Suelos Friccionantes

Se considera como suelos friccionantes a las gravas, arenas y limos no plásticos, y se determina su resistencia con la siguiente ecuación:

$$s = \sigma * \tan \phi$$

Donde:

- s = resistencia al corte
- σ = Esfuerzo normal en el plano de falla
- ϕ = ángulo de fricción interna

Considerándose a la resistencia como un valor proporcional al esfuerzo normal actuante en el plano[9].

Suelos cohesivos

Se consideran suelos cohesivos a las arcillas y limos plásticos, estos suelos tienen un comportamiento distinto a los suelos friccionantes, generando una resistencia cohesiva por sus características plásticas[11].

Coulomb en 1776 propone la siguiente ecuación para su determinación:

$$s = c' + \sigma' * \tan \phi'$$

Donde:

- s = resistencia al corte
- c' = cohesión efectiva
- σ' = Esfuerzo normal efectivo de corte
- ϕ' = ángulo de fricción efectivo

1.1.3.6 Compactación

Se conoce así al proceso con el cual el suelo reduce su cantidad de vacíos, es decir aumenta su densidad por medios mecánicos, y por lo tanto mejora sus propiedades mecánicas, entre ellas, la resistencia y la capacidad portante[8].

Después de varias investigaciones sobre compactación, se han propuesto ciertos ensayos dependiendo del tipo de suelo, que finalmente han dado como resultado cantidades de humedad óptimas y pesos volumétricos máximos, según la energía de compactación[9].

Energía de Compactación

El valor de la energía de compactación se determina en función de la energía dinámica con la siguiente ecuación:

$$E = \frac{W * H * N * n}{V}$$

Donde:

- E = Energía específica de compactación en $\frac{kg-cm}{cm^3}$
- W = Peso del pisón en kg
- H = Altura de caída del pisón en cm
- N = Número total de golpes del pisón
- n = número de capas
- V = Volumen total del suelo compactado

Entre los ensayos de compactación que han generado buenos resultados se tiene:

1.1.3.6.1 Proctor Modificado

Este ensayo, como su nombre lo indica, es una modificación del Proctor estándar, para que pueda representar de mejor manera las condiciones de campo[13]. El ensayo consiste en la compactación de una cierta cantidad de suelo, dentro de un molde cilíndrico, aplicando energía dinámica con un pisón a caída libre[9], el ensayo Proctor Modificado propone la colocación de 5 capas de material regido por la norma ASTM D-1557 y Norma AASHTO T 180[14] a continuación se presenta una tabla de las características necesarias en los materiales requeridos:

Norma: Proctor Estándar AASHTO T-180

Pisón: Martillo cilíndrico de 10 lb

Impacto: Altura de caída de 18''

Tabla 7 Ensayo Proctor Modificado-AASHTO T-180

MÉTODOS	A	B	C	D
Material que pasa	Tamiz N° 4	Tamiz N° 4	Tamiz N° 3/4	Tamiz N° 3/4
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 pie ³	1/13.33 pie ³	1/30 pie ³	1/13.33 pie ³

Fuente: Mecánica de Suelos (Pérez L.)[15]

Con este ensayo se busca determinar la densidad húmeda para el mismo suelo con distintos contenidos de humedad, a partir de esos datos se determina la densidad seca y se realiza una gráfica llamada “Curva de Compactación Proctor”, que es contenido de humedad Vs. Densidad seca, para finalmente determinad la humedad óptima, y la densidad máxima[12].

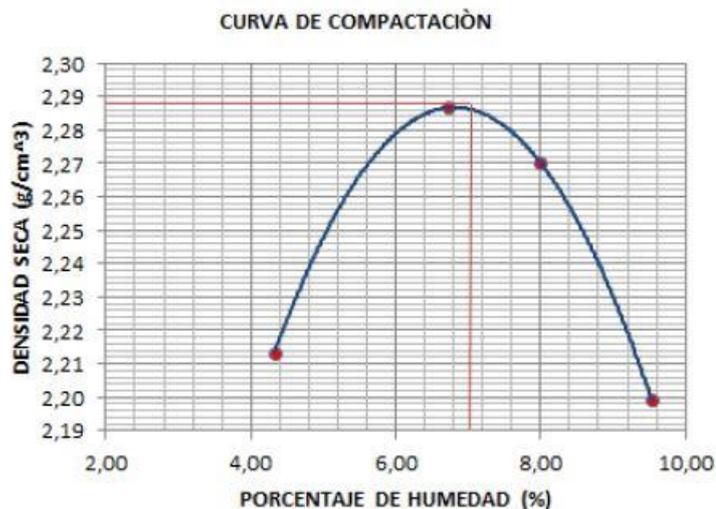


Figura 8 Curva de compactación Proctor

Fuente: Manual de procedimientos de ensayos de Suelos (W. Botia 2015)

1.1.3.6.2 CBR - CALIFORNIA BEARING RATIO

El ensayo se desarrolló en 1929 por la División de Carreteras de California, con la finalidad de clasificar la capacidad del suelo dependiendo del comportamiento del mismo como Subrasante o material base en vías[10].

Tabla 8 Clasificación de suelos según CBR

VALOR CBR	Clasificación General	Usos
0 – 3	Muy Pobre	Subrasante
3 – 7	Pobre a Regular	Subrasante
7 – 20	Regular	Sub-base
20 – 50	Bueno	Base – Sub-base
> 50	Excelente	Base

Fuente: Manual de laboratorios de Suelos (J. Bowles)

La capacidad de soporte es una de las propiedades más importantes del suelo, y se define como la carga por unidad de área, para una superficie de forma y dimensiones determinadas, produciendo un asentamiento previsto.[16]

Este ensayo fue diseñado para suelos con tamaño máximo de ¾ de pulgada, sin embargo, actualmente es aplicable a todos los suelos que tengan una cantidad limitante que pase el tamiz 2", y retenido el tamiz 2/4"[17]

La determinación del CBR se puede realizar en muestras inalteradas y muestras alteradas en el laboratorio, se expresa en porcentaje, y permite conocer el comportamiento esfuerzo-deformación, en condiciones de humedad conocidas, por lo que es necesario el dato del contenido de humedad óptimo determinado en el ensayo de compactación[18].

En la máquina de compresión se coloca la muestra en un molde metálico, aplicando una carga ascendente de máximo 4.5Kg, se para la máquina cuando se haya alcanzado una penetración máxima de 0.5 pulgadas, se considera la carga recibida para una penetración de 0.1 y 0.2 pulgadas.

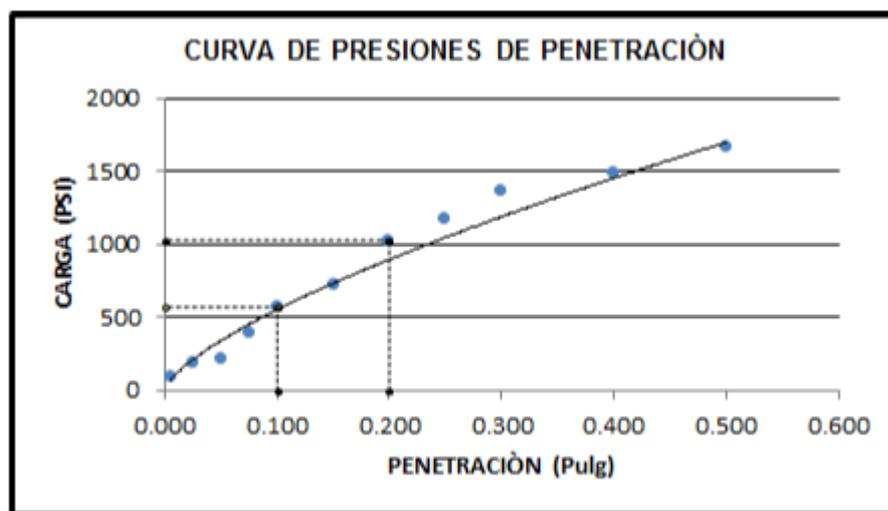


Figura 9 Curva de Esfuerzo vs. Penetración

Fuente: Manual de procedimientos de ensayos de Suelos (W. Botia 2015)

Se determina mediante la siguiente ecuación:

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

Los valores propuestos para la carga unitaria por la ASTM se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 9 Valores de penetración y carga unitaria patrón

Penetración (plg)	Carga Unitaria patrón (lb/pulg²)	Carga Unitaria patrón (MPa)
0.1	1000	6.9
0.2	1500	10.3
0.3	1900	13
0.4	2300	16
0.5	2600	18

Fuente: Manual de laboratorio de suelos (Bowles 1981)

1.1.3.6.3 **Cono de penetración Dinámico (DCP)**

Fue desarrollado en 1956 por Scala, posteriormente se realizaron estudios de campo en 1975 y 1987, estos estudios han permitido evaluar adecuadamente los pavimentos, permitiendo determinar un CBR de campo.[19]

El ensayo consiste en medir la penetración dinámica por golpes de un martillo, que cae libremente a una altura constante, sin alterar la compactación del suelo, permitiendo conocer la resistencia al corte, el espesor y otras propiedades de las capas[17].

La ASTM publicó una metodología estándar, donde el cono dinámico está basado en el dimensionamiento de Sower, con un martinete de 8kg con una altura de caída de 575 mm y un cono intercambiable con un ángulo de 60° y un diámetro de 20 mm[19].

El número DCP representa la penetración obtenida por golpe, se expresa en mm/golpe; corresponde al valor de la pendiente de la curva DCP, mientras más vertical sea la gradiente, menor será la resistencia del suelo, del mismo modo, cuando la curva cambia de pendiente, significa que el análisis empezó en una capa distinta [19]

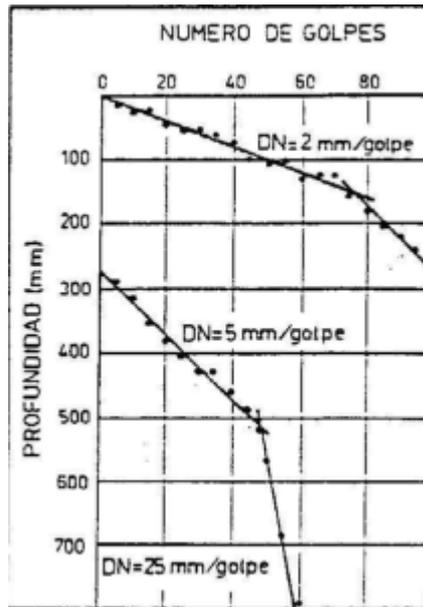


Figura 10 Curva DCP

Fuente: Mecánica de suelos (C. Escobar 2002)

1.1.3.7 Definiciones estadísticas

1.1.3.7.1 Media Aritmética

Es el valor promedio de una muestra, representa la característica representativa de un conjunto de datos.[20]

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

Donde:

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

1.1.3.7.2 Varianza

Es una medida de dispersión, definida como la media aritmética de los cuadrados de las diferencias entre valores que toma la variable y su media aritmética[20]

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

Donde:

- $S^2 =$ varianza
- $\sum x_i =$ sumatoria de los datos en estudio
- $\bar{x} =$ media aritmética
- $n =$ total de datos

1.1.3.7.3 **Desviación Típica**

Se define así a la raíz cuadrada de la varianza, considerando como respuesta el valor positivo[20]

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

Donde:

- $S =$ desviación típica
- $s^2 =$ varianza

1.1.3.7.4 **Covarianza**

Es una medida de dispersión que implica dos variables, se define como la media del producto de las desviaciones entre valores de la variable con la media aritmética. [20]

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

Donde:

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

1.1.3.7.5 **Diagrama de Dispersión**

Considerando una relación existente entre una variable A, con respecto a una variable B, es necesario establecer una ecuación que relacione ambas variables, para ello se grafican los datos obtenidos, formando un diagrama de dispersión, o también conocido como nube de puntos[20].

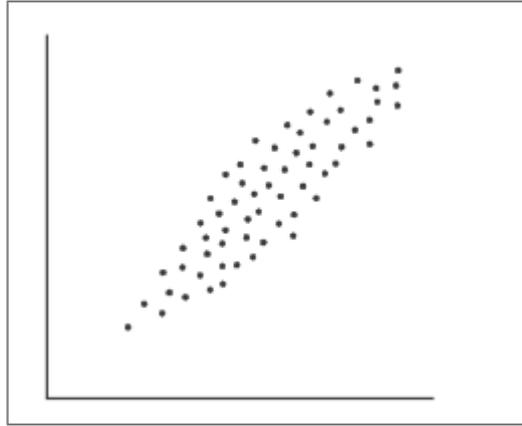


Figura 11 Diagrama de dispersión

Fuente: Estadística y Muestreo (C. Martínez 2012)

En este diagrama se puede observar una tendencia gráfica entre los puntos, estableciendo una curva de aproximación, es decir, si los datos se parecen o tienden gráficamente a formar una línea recta, se trata de una relación lineal, si la tendencia es distinta es una relación no lineal[21].

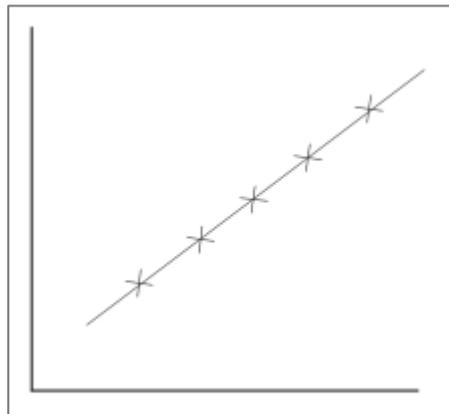


Figura 12 Relación lineal

Fuente: Estadística y Muestreo (C. Martínez 2012)

Las ecuaciones de aproximación pueden ser lineales, parabólicas, cúbicas, cuárticas y de grado n , para establecer correctamente que curva de debe emplear se utiliza el

diagrama de dispersión y de ser necesario aplicar el método de mínimos cuadrados[21].

1.1.3.7.6 Método de mínimos cuadrados

Es necesario definir de manera correcta la curva que mejor se ajuste al conjunto de datos obtenidos, por ellos al relacionar una coordenada (X_1, Y_1) con una curva C existirá una diferencia en cuanto a su ubicación en el plano (x, y) , ésta se conoce como desviación, existirá desviación horizontal, y desviación vertical, el error o el residuo puede ser positivo negativo o nulo, mientras más pequeño sea el valor, mejor será el ajuste[21].

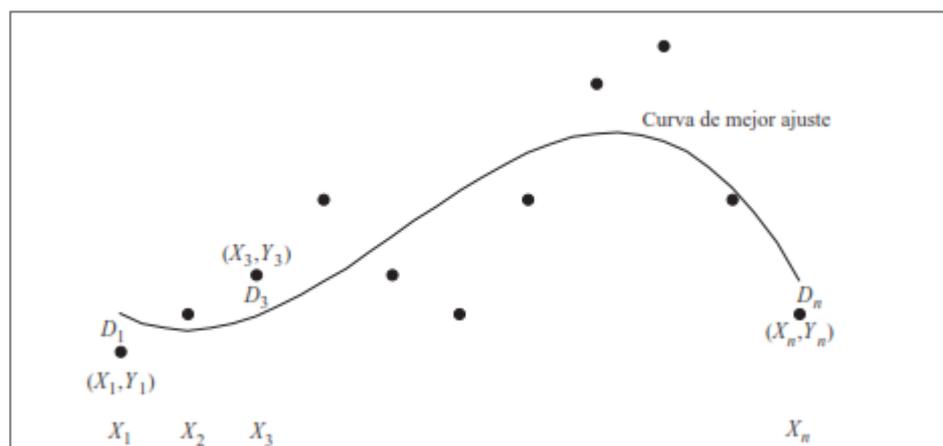


Figura 13 Curva de mejor ajuste

Fuente: Estadística, (M. Spiegel, L. Stephen, 2003)

Cuando se trate de dos variables, la ecuación que permite realizar un correcto ajuste es:

$$Y = a_0 + a_1X$$

Donde los valores de a_0 y a_1 se obtiene de la solución de las siguientes ecuaciones lineales.

$$\begin{aligned} \sum X &= a_0N + a_1 \sum x \\ \sum XY &= a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 \end{aligned}$$

Para aplicar el método de mínimos cuadrados con más de dos variables, el procedimiento es semejante, la ecuación a utilizar es:

$$Z = a_0 + a_1X + a_2Y$$

Y las ecuaciones normales que permiten la determinación de los valores a_n son:

$$\begin{aligned}\sum z &= a_0N + a_1 \sum x + a_2 \sum y \\ \sum XZ &= a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 + a_2 \sum xy \\ \sum YZ &= a_0 \sum y + a_1 \sum xy + a_2 \sum y^2\end{aligned}$$

1.1.3.7.7 **Regresión**

Se refiere a la estimación de una variable B desconocida, en función de la variable A conocida basándose en los datos muestrales, utilizando la curva de mínimos cuadrados, que en este caso se conoce como curva de regresión de B en A. Si el caso sería contrario, y se requiere encontrar la variable A, a partir de la variable B, la curva de regresión cambia, considerando la desviación correspondiente a la variable independiente[21].

1.1.3.7.8 **Correlación**

También conocido como grado de relación entre las variables, en el que se quiere determinar si la ecuación describe de forma correcta la relación entre variables[21].

Cuando intervienen solo dos variables se habla de una correlación simple, si intervienen más variables se habla de una correlación múltiple[21].

Para medir el grado de compatibilidad entre variables, se utiliza el coeficiente de correlación o correlación de Pearson[20].

Coefficiente de correlación r

Refleja el porcentaje de la variación entre las variables dependientes con respecto a las variables independientes, su valor debe estar entre 0 y 1, mientras más alto sea este índice, más certera es la correlación[20].

Tabla 10 Nivel de correlación

Nivel de correlación	Rangos
Correlación perfecta	$r = 1$
Correlación excelente	$0.9 < r < 1$
Correlación aceptable	$0.8 \leq r \leq 0.9$
Correlación regular	$0.6 \leq r \leq 0.8$
Correlación mínima	$0.3 \leq r \leq 0.6$
No hay correlación	$0 < r < 0.3$

Fuente: Estadística y muestreo (C. Martínez 2012)

El valor de r se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$r = \frac{\text{Covarianza}}{Sx * Sy}$$

Donde:

- r = coeficiente de correlación
- Covarianza = medida de dispersión
- Sx, Sy = desviación típica

1.1.3.8 Diseño de pavimento

1.1.3.8.1 Pavimento

Es un conjunto de capas, de distintas características que deben ser colocadas con procedimientos adecuados e independientes en cada capa, ya que transmiten las cargas de tránsito, y deben tener un buen comportamiento estructural, además permitir que los vehículos puedan movilizarse de manera rápida y cómoda[22].

Las capas que conforman el asfalto son:

Subrasante

Es la cota de inicio en la estructura del pavimento, su función es soportar las cargas que se transmiten, puede considerarse como la cimentación del pavimento; mientras mejor calidad tenga esta capa, menor será el espesor del pavimento, permitiendo un ahorro, y manteniendo la calidad[23].

Sub-base

Es una capa de material granular seleccionado que filtra las partículas finas que podrían dañar la subrasante, además controla las variaciones físicas que puede tener la estructura, sirve como drenaje, y controla la capilaridad[23].

Base

Es la capa del pavimento que transmite y reparte las cargas recibidas a la sub-base y a la subrasante, puede ser de material granular, o estar formada por mezclas bituminosas estabilizadas[23].

Capa de rodadura

Es la capa de rodado, su función principal es proteger la capa de base, impermeabilizándola y de cierto modo, ayuda a aumentar la capacidad de soporte[23].

1.1.3.8.2 Clasificación

Los pavimentos se clasifican en Rígidos, Semirrígidos y flexibles:

Pavimentos Rígidos

Se caracteriza por tener una capa de rodadura de alta rigidez, normalmente se trata de losas de hormigón de cemento hidráulico simple o reforzado, colocada sobre una subbase de agregado granular, y ésta a la vez sobre la subrasante. La losa de hormigón permite disipar de mejor manera las cargas de tránsito, reduciendo los esfuerzos del suelo[22][23].

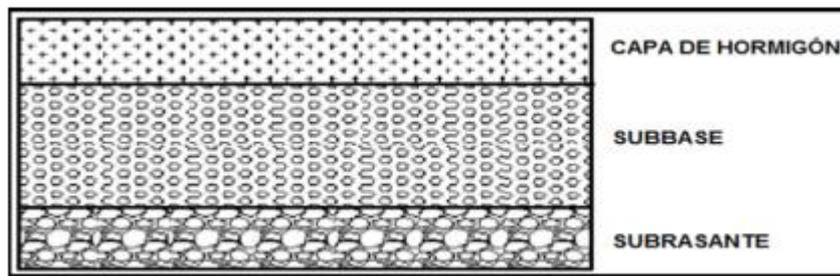


Figura 14 Composición Pavimento Rígido

Fuente: Metodologías de reparación para pavimento flexible (D. González 2018)

Pavimentos Semirrígidos

Tiene cierta semejanza con el pavimento flexible, una de sus capas, generalmente la base, es rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser asfalto cemento u otro material[23][22].

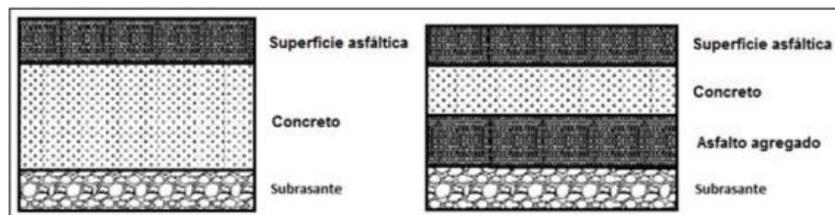


Figura 15 Composición de pavimento Semirrígido

Fuente: Metodologías de reparación para pavimento flexible (D. González 2018)

Pavimentos Flexibles

Se utiliza una carpeta asfáltica como superficie de rodadura que se adapta a las deformaciones del suelo por las cargas vehiculares transmitidas sin que su estructura se rompa, generalmente las capas que lo conforman son Subrasante, Sub-base, base, y capa de rodadura[22].

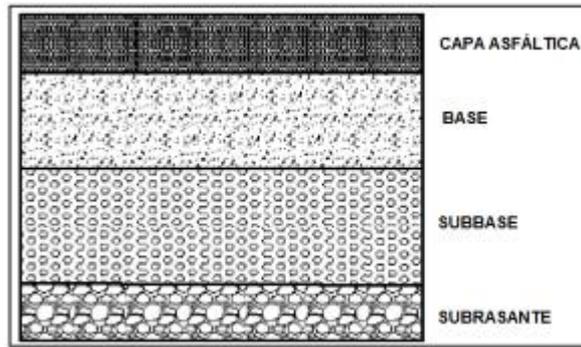


Figura 16 Composición pavimento flexible

Fuente: Metodologías de reparación para pavimento flexible (D. González 2018)

1.1.3.8.3 Diseño Pavimento flexible método AASHTO 1993

En 1961 el comité de diseño de AASHO Road Test, difundió su guía de diseño para pavimentos flexibles y rígidos, al pasar los años en 1981, el comité de diseño de AASHTO realizó algunas revisiones a la guía, y no fue hasta 1993 que fue modificada oficialmente considerando nuevos parámetros[24].

El objetivo del método es encontrar el número estructural (SN) que pueda soportar el nivel de carga solicitado, este valor permite definir el espesor de cada capa; según el método la ecuación necesaria es la siguiente[25]:

$$\log W_{18} = Z_r * S_o + 9.36 \log(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \left(\frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}\right)} + 2.32 * \log(Mr) - 8.07$$

Donde:

- W_{18} = número de cargas de ejes equivalentes 80kN
- Z_r = desviación estándar normal
- S_o = desviación estándar global
- SN = número estructural
- ΔPSI = pérdida de serviciabilidad
- Mr = Módulo de resiliencia

Tránsito

Generalmente se usa el número de repeticiones de ejes equivalentes de 80KN. Que es la conversión de una carga por el eje[25].

Período de diseño

En la metodología de diseño original se consideraban periodos de 20 años, actualmente en la guía 1993 se analiza en función del tipo de vía[26]. Obteniendo así la siguiente tabla:

Tabla 11 Período de diseño en función del tipo de carretera.

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO (años)
Urbana con alto volumen de tránsito	30 – 50
Interurbana con alto volumen de tránsito	20 – 50
Pavimentada con bajo volumen de tránsito	15 – 25
Revestidas con bajos volumen de tránsito.	10 – 20

Fuente: Guía de diseño de estructura de pavimentos. AASHTO 1993

ESPESOR DE LAS CAPAS (D1, D2)

Para determinar el espesor D1, y D2, se presenta la siguiente tabla con los valores sugeridos, en función del tránsito en ejes equivalentes[24]:

Tabla 12 Espesores mínimos

Tráfico W18	Concreto Asfáltico D1 (plg)	Capa Base D2 (plg)
< 50000	1.0 (o tratan. Superficial)	4
50 001 a 15 000	2.0	4
15 001 a 500 000	2.5	4
500 001 a 2 000 000	3.0	6
2 000 001 a 7 000 000	3.5	6
> 7 000 000	4.0	6

Fuente: Guía de diseño de estructura de pavimentos. AASHTO 1993

Confiabilidad “R”

Se refiere al grado de certidumbre, de que el diseño pueda llegar al final de su período de análisis en buenas condiciones[25].

Se tiene que considerar que un pavimento flexible necesita ser evaluado y mejorado constantemente, a esto se refiere el período de análisis, y por ende, este período debe ser mayor que el considerado como vida útil del pavimento[25].

La AASHTO recomienda valores desde 50, hasta 99.9 con respecto a distintas clasificaciones, considerando el valor más alto para vías de uso intensivo[26].

Tabla 13 Niveles de confiabilidad

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	Nivel recomendado por AASHTO
Carretera Interestatal o Autopista	80 – 99.9
Red principal o Federal	75 – 95
Red Secundaria o Estatal	75 – 95
Red Rural o Local	50 – 80

Fuente: Guía de diseño de estructura de pavimentos. AASHTO 1993

Desviación estándar Normal “ZR”

La curva de diseño propuesta por la AASHTO es muy parecida al esquema del comportamiento real del pavimentos, pero no son exactas, por lo que propone una regresión obteniendo la desviación estándar normal[27].

Tabla 14 Desviación Estándar Normal

Confiabilidad “R” en porcentaje	Desviación estándar normal ZR
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340

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	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: Guía de diseño de estructura de pavimentos. AASHTO 1993

Desviación estándar global “So”

Es un parámetro ligado a la confiabilidad, se considera un valor representativo con respecto a las condiciones particulares, considerando las variaciones en el comportamiento del pavimento.

Para pavimentos flexibles el valor a considerar es de 0.45 y para pavimentos rígidos es 0.35[25].

Módulo de resiliencia “Mr”

Para determinar el módulo de resiliencia la AASHTO analizó el material a utilizar en la capa de subrasante, con muestras representativas que simulen el comportamiento del suelo en las distintas estaciones del año, mediante correlaciones con las propiedades del suelo[26].

Muchos países como el nuestro no tienen acceso a estos ensayos por lo que para determinar el módulo de resiliencia, propone el uso de una correlación con el CBR[27] de la siguiente manera:

Para CBR menores al 10% la AASHTO propone:

$$Mr(\text{psi}) = 1500 * CBR$$

Para CBR entre 7.2% a 20 %, en África se desarrolló la siguiente ecuación:

$$Mr(\text{psi}) = 3000 * CBR^{0.65}$$

Para suelos granulares la AASHTO propone:

$$Mr(\text{psi}) = 4326 * \ln(CBR) + 241$$

Índice de Serviciabilidad (PSI)

La serviciabilidad se define como la capacidad de servir de manera confortable al tipo de tránsito para el cual se diseñó, el índice de serviciabilidad permite calificar al pavimento entre 0 y 5, pésimas y perfectas condiciones [25].

Tabla 15 Índice de serviciabilidad

Serviciabilidad Inicial	4.5 para pavimentos rígidos
	4.2 para pavimentos flexibles
Serviciabilidad Final	2.5 o más para caminos muy importantes
	2.0 para caminos de menor tránsito

Fuente: Guía de diseño de estructura de pavimentos AASHTO 1993

Determinación del espesor de las capas

Una vez obtenido el Número Estructural (SN) con los parámetros determinados anteriormente, se requiere determinar la sección necesaria para abastecer la capacidad de soporte al número estructural del diseño original[25],

La siguiente ecuación puede utilizarse para obtener los espesores, involucrando también coeficientes de drenaje:

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

Donde:

- a_1 , a_2 y a_3 son coeficientes estructurales de la carpeta, base y subbase.
- D_1 , D_2 , y D_3 es el espesor de la carpeta base y subbase.
- m_2 y m_3 son coeficientes de drenaje para base y subbase.

COEFICIENTES ESTRUCTURALES (a_1 , a_2 , a_3)

Representa la capacidad estructural del material, para resistir las cargas que se presenten[25]:

Coeficiente estructural Carpeta asfáltica (a_1)

Conocido el valor del Módulo de elasticidad en PSI, se determina mediante la gráfica el coeficiente estructural[26].

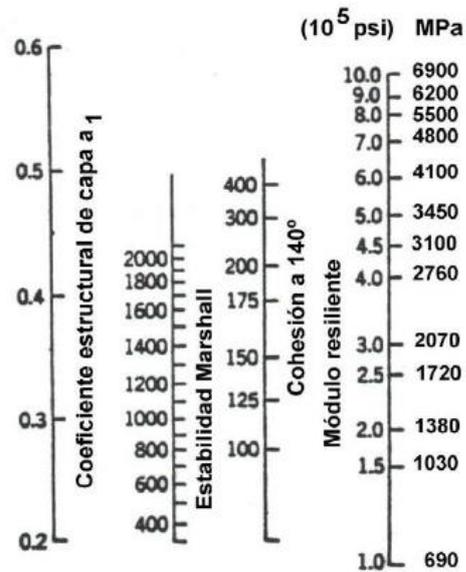


Figura 17 Nomograma para determinar el coeficiente estructural a1

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

Coeficiente estructural de la base granular (a2)

Se conoce que el CBR mínimo utilizado en la base es de 80%, en base al siguiente nomograma, se determina el coeficiente estructural y el Módulo de Elasticidad de esta capa.[26].

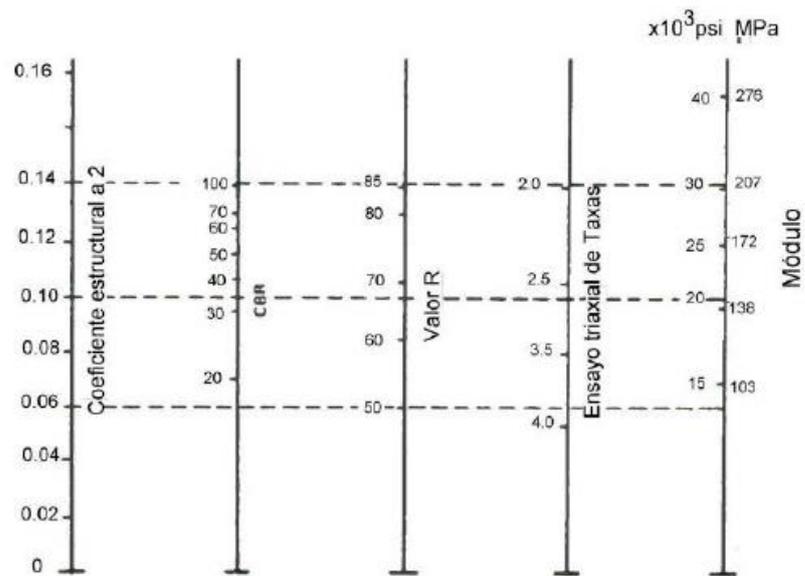


Figura 18 Nomograma para la determinación del coeficiente estructural de la base granular (a2)

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

Coeficiente estructural de la sub-base granular (a3)

Se conoce que el CBR mínimo utilizado en la sub-base es de 30%, en base al siguiente nomograma, se determina el coeficiente estructural y el Módulo de Elasticidad de ésta capa.[26].

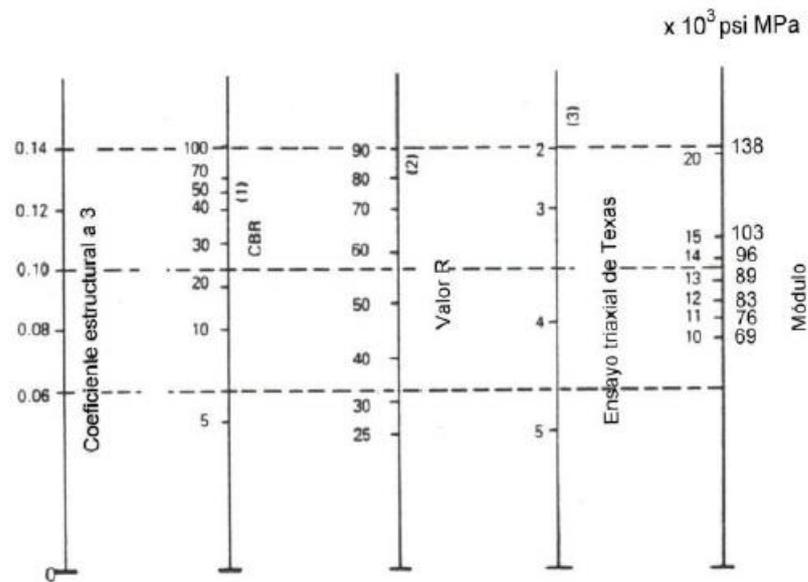


Figura 19 Nomograma para la determinación del coeficiente estructural se la sub-base granular (a3)

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

COEFICIENTE DE DRENAJE (m2, m3)

La calidad de este coeficiente se define por el tiempo en el que el agua se escurre totalmente de las capas granulares[27]:

Tabla 16 Capacidad de drenaje

Calidad de Drenaje	Agua Removida en:
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	Agua no drena

Fuente: Pavimentos Flexibles, problemática, metodología de diseño y tendencias (A. Rico, R. Téllez, P. Garnica.1998)

Para la estimación del coeficiente de drenaje m_2 y m_3 , se presenta la siguiente tabla, considerando el tiempo de exposición a niveles cercanos a la saturación a lo largo de un año[25]

Tabla 17 Corrección de coeficientes m_2 y m_3

Capacidad de drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	Menos de 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.2
Buena	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.0
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.8
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.6
Deficiente	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.4

Fuente: Pavimentos Flexibles, problemática, metodología de diseño y tendencias (A.

Rico, R. Téllez, P. Garnica.1998)

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Determinar las correlaciones existentes entre el CBR de laboratorio, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de las parroquias La Matriz y Pingulí del Cantón Mocha, Provincia de Tungurahua.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Reforzar el conocimiento de las propiedades índice – mecánicas de los suelos en la provincia de Tungurahua, por medio del análisis de campo y laboratorio.
- Ampliar la base de datos existente, referente a estudios de correlación entre el CBR de laboratorio, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de la provincia de Tungurahua.
- Aplicar los resultados de la investigación en el diseño de pavimentos para vías rurales en el cantón Mocha de la provincia de Tungurahua.
- Zonificar las diferentes áreas de los cantones estudiados, de acuerdo con la clasificación de los suelos SUCS y AASHTO, y las propiedades físicas y mecánicas obtenidas.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Niveles de Investigación

2.1.1 Nivel Exploratorio

En la investigación en curso se requiere el reconocimiento de varios sectores del Cantón Mocha, de donde se extraerán las muestras necesarias, para la realización de los ensayos de suelos basándose en normativa vigente, y siendo argumentados mediante distintas fuentes bibliográficas de varios investigadores.

2.1.2 Nivel Descriptivo

Mediante los ensayos de suelo en campo y laboratorio a realizarse es importante describir las características del suelo en cada sector para poder clasificarlos de una manera adecuada según las tablas de SUCS y AASHTO.

2.1.3 Nivel Relacional

Una vez obtenidas las propiedades índice y mecánicas del suelo, el valor de CBR y DCP, en los diferentes ensayos de campo y de laboratorio, se pretende encontrar una relación significativa entre ellos, expresándose en una ecuación.

2.1.4 Nivel Explicativo

En base a los valores obtenidos de las correlaciones se busca optimizar recursos en proyectos civiles en el cantón Mocha, con respecto a la aplicación de ensayos más económicos y accesibles, en comparación con aquellos más complicados y costosos que permitan obtener los mismos resultados.

2.2 Población y Muestra

2.2.1 Población

La presente investigación forma parte de un proyecto macro, que comprende cinco cantones de la provincia de Tungurahua: Cevallos, Tisaleo, Mocha, Quero y Pelileo.

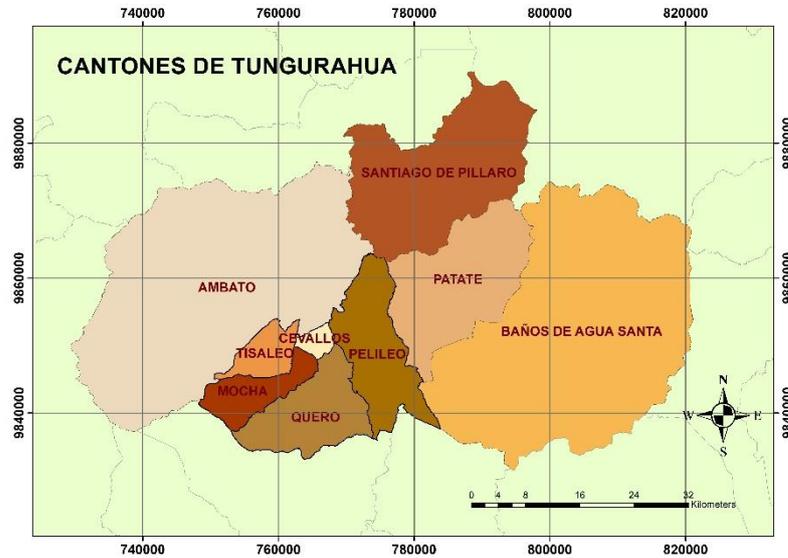


Figura 20 Mapa Político de Tungurahua

Fuente: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

El suelo por analizar en este proyecto corresponde a la parroquia La Matriz y Pinguilí del Cantón Mocha.

Este cantón está ubicado en el sector suroeste de Ambato, tiene una superficie territorial de 82.63 kilómetros cuadrados, que se distribuyen en la parroquia Matriz con una extensión de 76km^2 , y siendo la capital Pinguilí con 6.3km^2 , la mayor parte está formada por páramos y zonas agrícolas, por lo que su altura varía entre 2500 y 4965 msnm, y casi siempre su temperatura se mantiene por debajo de los 10°C . [28]



Figura 21 Mapa Político de Mocha

Fuente: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

2.2.2 Muestra

Las muestras de este proyecto experimental se tratan de suelo extraído en 6 vías escogidas mediante un muestreo simple aleatorio, intentando abarcar la mayor parte del territorio del Cantón, realizando dos pozos a cielo abierto en cada vía, con una distancia entre ellos de mínimo 500 metros.

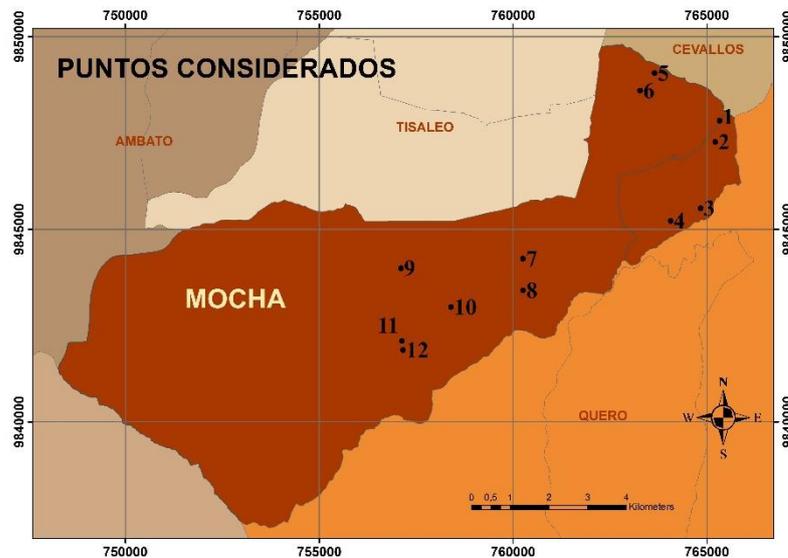


Figura 22 Ubicación de calicatas

Fuente: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

En la siguiente tabla se resume la ubicación y longitud de las vías, además las coordenadas de las calicatas donde se han obtenido las muestras.

Tabla 18 Ubicación de Calicatas

Cantón	Parroquia	Vía	Long	N°	COORDENADAS	
					Norte	Este
Mocha	Pinguilí	Calle S/N sector San Pedro.	605 m	1	765326.24	9847819.38
				2	765214.47	9847271.32
		Calle #9 sector El Paraíso	859 m	3	764835.02	9845550.33
				4	764062.35	9845219.09
	La Matriz	Av. 24 de Mayo sector Yanahurco	595 m	5	763649.56	9849055.37
				6	763276.53	9848601.90
		Av. Juan León Mera sector Mocha.	1096 m	7	760256.48	9844242.46
				8	760260.00	9843418.00
		Av. Principal, sector Chilcapamba.	1797 m	9	757110.63	9843992.68
				10	758397.61	9842982.10
		Vía S/N sector Hacienda Atillo.	548 m	11	757136.19	9842106.66
				12	757162.09	9841869.62

Fuente: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

2.3 Equipos y Materiales

Los materiales y equipos necesarios para la investigación se detallan a continuación:

Tabla 19 Materiales, Equipos y Normas de ensayos realizados.

ENSAYOS	MATERIALES	EQUIPOS	NORMA
ENSAYOS DE CAMPO			
Pozo a Cielo Abierto	Muestras in situ	Pala Pico Barra Flexómetro	AASHTO T 87-70
Densidad de Campo (Cono y Arena)	Muestras in situ	Cono Cinzel Cuchareta Placa Metálica Balanza Clavos Martillo	AASHTO T 191 2014
Cono Dinámico de Penetración (DCP)	Muestras in situ	Equipo DCP Libreta de anotación	ASTM D 6951-03
ENSAYOS DE LABORATORIO			
Contenido de Humedad Natural	10 gr de muestra con humedad natural	Recipientes de aluminio Balanza	AASHTO T 265 2015
Gravedad Específica de Sólidos	50 gr de suelo pasa tamiz #4	Tamiz #4 Picnómetro Embudo Termómetro Recipiente metálico Pipeta Baño María	AASHTO T 100 2015
Granulometría	Muestra Cuarteada	Tamizadora Juego de Tamices Brocha Recipiente	AASHTO T 88 2013
Límite Líquido (Copa de Casagrande)	150 gr de suelo pasa tamiz #40	Mortero de porcelana Pistillo de caucho Copa Casagrande Espátula Acanalador	AASHTO T 89 2013

		Recipientes de aluminio	
Límite Plástico	150 gr de suelo pasa tamiz #40	Mortero de porcelana Pistillo de caucho Placa de vidrio Fuente de mezclado	AASHTO T 90 2016
Proctor Modificado	24 kg de suelo pasa tamiz #4	Bandeja metálica cuadrada Martillo de compactación Molde ø 6" con extensión y base Probeta graduada Palustre Regleta Metálica	AASHTO T 180 2018
California Bearing Ratio (CBR)	18 kg de suelo pasa tamiz #4	MULTISPEED 34- V1172	AASHTO T 193 2013

Fuente: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

2.4 Ensayos de Campo y de Laboratorio



Figura 23 Pozo a cielo abierto



Figura 24 Densidad de campo (Método del Cono y Arena de Ottawa)



Figura 25 Penetrómetro dinámico estático (DCP)



Figura 26 Gravedad específica de los sólidos



Figura 27 Granulometría



Figura 28 Límite Plástico



Figura 29 Límite líquido (Copa Casagrande)



Figura 30 Proctor Modificado tipo B



Figura 31 CBR

2.5 Métodos

2.5.1 Plan de recolección de datos

Tabla 20 Plan de recolección de datos

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Para qué?	Correlacionar las distintas propiedades mecánicas e índice del suelo, incluyendo el valor de CBR obtenido en laboratorio.
¿A quiénes?	A las muestras extraídas de distintos puntos en las parroquias, La Matriz y Pinguilí del cantón Mocha.
¿Sobre qué aspectos?	Las propiedades del suelo que permiten determinar sus características, incluyendo el valor de CBR.
¿Quién?	El investigador.
¿Cuándo?	La investigación se lleva a cabo dentro de un periodo donde se ha declarado una pandemia mundial, por lo que ha sido de gran dificultad avanzar continuamente con los ensayos, por lo que éstos se realizarán desde el 17 de octubre 2020, fecha en la que se habilita el laboratorio, hasta aproximadamente los primeros días de abril, posterior a ello el procesamiento y análisis de la información será llevada a cabo desde abril a mayo.
¿Dónde?	Parroquias La Matriz y Pinguilí del cantón Mocha. (Pozo a cielo abierto, densidad de campo, DCP) Laboratorio de Ensayos de Materiales y Mecánicas de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
¿Técnicas de Recolección?	Cuando el punto esté identificado se retira la capa vegetal, se realiza una calicata de un metro por un metro, posterior a ello se realiza el ensayo DCP bajo la norma ASTM D 6951-03 y se determina la densidad de campo por el método de cono y arena bajo la norma AASHTO T 191, ambos ensayos realizados en situ.

	<p>Se toma una muestra de suelo de 50 kg aproximadamente para los ensayos de laboratorio. Se pasa la muestra por el tamiz cuadrado #4 y se procede a su secado.</p> <p>Para el análisis granulométrico se toma una cantidad de muestra cuarteada y bien mezclada, y se coloca el juego de tamices ordenados de forma descendente con la muestra en la tamizadora, basándose en la norma AASHTO 88 2013.</p> <p>Los Límites de Atterberg se realizan bajo las normas AASHTO T 89 2013 y AASHTO T 90 2016, la gravedad específica bajo la norma AASHTO T 100 2015, para dichos ensayos se requiere material fino, que haya pasado por el tamiz #40.</p> <p>En la determinación del contenido óptimo de humedad es necesario mínimo cuatro puntos, basándose en la norma AASHTO T 180 2018 del ensayo del Proctor Modificado, valor que servirá para realizar el ensayo de relación de soporte de California (CBR) mediante AASHTO T 193 2013.</p>
--	---

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

2.5.2 Plan de procesamiento y análisis de información

Plan de procesamiento:

- Identificación de los sectores establecidos, y selección de las vías en las parroquias Pinguilí y La Matriz, del Cantón Mocha, para el estudio de suelos.
- Ejecución de ensayos de campo y laboratorio de los 12 puntos considerados para su análisis.

- Tabulación de todos los ensayos realizados en los formatos establecidos por la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica mediante el uso de Microsoft Excel.
- Presentación de los resultados obtenidos mediante tablas y gráficos, considerados como las variables que se van a correlacionar.

Plan de análisis de Información:

- Analizar las correlaciones entre las propiedades índice y mecánicas del suelo, considerando el coeficiente de determinación r^2 , que indica el grado de ajuste que se ha conseguido con los modelos matemáticos aplicados, considerando una relación favorable cuando éste tome un valor mayor al 50%.
- Evaluar el valor de CBR de Laboratorio, con respecto al obtenido mediante las correlaciones para el diseño de un pavimento flexible.
- Definir las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante el proceso investigativo en base a las propiedades índice y mecánicas de los suelos.

2.5.3 Metodología para la determinación de las correlaciones

2.5.3.1 Correlación lineal múltiple

Tabla 21 Formato de cálculo para correlación lineal múltiple

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

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

El sistema de ecuaciones por utilizarse para la aplicación del método de mínimos cuadrados es:

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

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

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

Se resuelve el sistema de ecuaciones, aplicando el método de matriz inversa, encontrando las variables, y generando la ecuación de correlación:

Tabla 22 Sistema de ecuaciones correlación lineal múltiple

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

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

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

El cálculo del coeficiente de correlación se basa a la siguiente ecuación:

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

2.5.3.2 Correlación Múltiple de Tipo Logarítmica

Tabla 23 Formato de cálculo para correlación logarítmica múltiple

Variable Depend.	Variable Depend.	Variable Independ.	Ecuación Múltiple Tipo Logarítmica			$Y = a + b_1 * \log(X_1) + b_2 * X_2$			
			$X_1' = \log(X_1)$	$X_1' * Y$	$X_2 * Y$	$X_1' * X_2$	$X_1'^2$	X_2^2	Y^2
X_1	X_2	Y							
ΣX_1	ΣX_2	ΣY	$\Sigma X_1'$	$\Sigma(X_1' * Y)$	$\Sigma(X_2 * Y)$	$\Sigma(X_1' * X_2)$	$\Sigma(X_1'^2)$	$\Sigma(X_2^2)$	$\Sigma(Y^2)$

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

El sistema de ecuaciones por utilizarse para la aplicación del método de mínimos cuadrados es:

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

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

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

Se resuelve el sistema de ecuaciones, aplicando el método de matriz inversa, encontrando las variables, y generando la ecuación de correlación:

Tabla 24 Sistema de ecuaciones correlación logarítmica múltiple

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

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

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

El cálculo del coeficiente de correlación se basa a la siguiente ecuación:

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

2.5.3.3 Correlación Múltiple de Tipo Potencial

Tabla 25 Formato de cálculo para correlación potencial múltiple

Variab le Depen d.	Variab le Depen d.	Variabl e Indepen d.	Ecuación Múltiple Tipo Potencial			$\log(Y) = \log(a) + b_1 * \log(X_1) + b_2 * \log(X_2)$						
						X_1' = $\log(X_1)$	X_2' = $\log(X_2)$	Y' = $\log(Y)$	$X_1' * Y'$	$X_2' * Y'$	$X_1' * X_2'$	$X_1'^2$
X_1	X_2	Y										
ΣX_1	ΣX_2	ΣY	$\Sigma X_1'$	$\Sigma X_2'$	$\Sigma Y'$	$\Sigma (X_1' * Y')$	$\Sigma (X_2' * Y')$	$\Sigma (X_1' * X_2')$	$\Sigma (X_1'^2)$	$\Sigma (X_2'^2)$	$\Sigma (Y'^2)$	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

El sistema de ecuaciones por utilizarse para la aplicación del método de mínimos cuadrados es:

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

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

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

Se resuelve el sistema de ecuaciones, aplicando el método de matriz inversa, encontrando las variables, y generando la ecuación de correlación:

Tabla 26 Sistema de ecuaciones correlación potencial múltiple

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

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

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

Reduciendo los logaritmos se tiene:

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

El cálculo del coeficiente de correlación se basa a la siguiente ecuación:

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

2.5.3.4 Correlación Múltiple de Tipo Exponencial

Tabla 27 Formato de cálculo para correlación exponencial múltiple

Variable Depend.	Variable Depend.	Variable Independ.	Ecuación Múltiple Tipo Exponencial			$\ln(Y) = \ln(a) + b_1 * X_1 + b_2 * X_2$			
			$Y' = LOG(Y)$	$X_1 * Y'$	$X_2 * Y'$	$X_1 * X_2$	X_1^2	X_2^2	Y'^2
X_1	X_2	Y							
ΣX_1	ΣX_2	ΣY	$\Sigma Y'$	$\Sigma (X_1 * Y')$	$\Sigma (X_2 * Y')$	$\Sigma (X_1 * X_2)$	$\Sigma (X_1^2)$	$\Sigma (X_2^2)$	$\Sigma (Y^2)$

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

El sistema de ecuaciones por utilizarse para la aplicación del método de mínimos cuadrados es:

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

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

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

Se resuelve el sistema de ecuaciones, aplicando el método de matriz inversa, encontrando las variables, y generando la ecuación de correlación:

Tabla 28 Sistema de ecuaciones correlación exponencial múltiple

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

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

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

El cálculo del coeficiente de correlación se basa a la siguiente ecuación:

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

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

A continuación, se presenta los resultados de los ensayos realizados en las 12 muestras, para obtener las propiedades índice y mecánicas de los suelos del Cantón Mocha; que serán correlacionados para llevar a cabo esta investigación.

3.1.1 Propiedades Índice

3.1.1.1 Densidad de Campo

Para obtener la densidad in-situ se realizó el ensayo del Cono y Arena de Ottawa, el mismo ensayo permite obtener varias propiedades del suelo, como son: humedad natural, grado de saturación del agua, grado de saturación del aire, porosidad y relación de vacíos.

Tabla 29 Resultados del Ensayo de Densidad de Campo

N°	PARROQUIA	Densidad de Campo						
		ym in-situ (kg/m ³)	yd in-situ (kg/m ³)	W. nat. (%)	Relación de Vacíos e (%)	Porosidad n (%)	Ga (%)	Gw (%)
1	Pinguilí	1.724	1.573	9.60	0.69	40.78	38.00	62.00
2	Pinguilí	1.299	1.152	12.69	1.27	56.03	23.83	76.17
3	Pinguilí	1.427	1.241	14.99	1.13	53.13	34.91	65.09
4	Pinguilí	1.399	1.294	8.10	1.06	51.36	21.50	78.50
5	La Matriz	1.597	1.430	11.66	0.85	45.86	35.28	64.72
6	La Matriz	1.616	1.393	16.02	0.91	47.70	48.16	51.84
7	La Matriz	1.753	1.487	17.89	0.80	44.30	62.49	37.51
8	La Matriz	1.293	1.016	27.22	1.30	56.49	24.75	75.25
9	La Matriz	1.344	0.927	44.99	1.87	65.19	64.72	35.28
10	La Matriz	1.337	1.137	17.62	1.34	57.19	35.38	64.62
11	La Matriz	1.435	1.184	21.21	1.14	53.18	36.58	63.42
12	La Matriz	1.276	1.007	26.73	1.69	62.81	46.22	53.78

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Se obtuvo una densidad húmeda con valores entre 1,273 y 1,753 gr/cm³, y una densidad seca in-situ con un rango entre 0,927 y 1,573. Indicando así que se trata de suelos fricciantes.

La humedad natural tiene rangos entre 8.10% y 44.99%, donde la mayoría de los resultados se consideran humedades bajas, valores característicos de suelos granulares.

La relación de vacíos tiene rangos entre 0.69% y 1.87%, y la porosidad de las muestras fluctúa entre 40.78% y 65.19%, resultados que confirman que los suelos analizados son granulares.

El grado de saturación del aire va entre 21.50% y 64.72%, y la saturación del agua muestra valores entre 35.28% y 78.50%, la mayoría de los resultados correspondientes a la saturación del aire son menores al 50% y por el contrario los porcentajes de saturación de agua superan el 50%, concluyendo que en las muestras analizadas existe mayor saturación de agua.

3.1.1.2 Gravedad Específica

Tabla 30 Resultados Gravedad Específica

N°	PARROQUIA	VIA	Gravedad Específica Gs
1	Pinguilí	Calle S/N, sector San Pedro	2.596
2	Pinguilí	Calle S/N, sector San Pedro	2.550
3	Pinguilí	Vía Pinguilí	2.494
4	Pinguilí	Vía Pinguilí	2.572
5	La Matriz	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	2.584
6	La Matriz	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	2.508
7	La Matriz	Av. Juan León Mera, sector Mocha	2.703
8	La Matriz	Av. Juan León Mera, sector Mocha	2.610
9	La Matriz	Av. Principal, sector Chilcapamba	2.622
10	La Matriz	Av. Principal, sector Chilcapamba	2.631
11	La Matriz	Vía S/N, sector Hacienda Atillo	2.516
12	La Matriz	Vía S/N, sector Hacienda Atillo	2.541

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

La Gravedad Específica tiene valores entre 2,494 y 2,703, en la mayoría de las muestras se ha obtenido resultados menores a 2.65, confirmando que las muestras corresponden a suelos fricciantes correspondiente a arenas gruesas y medias.

3.1.1.3 Granulometría

Tabla 31 Resultados de Granulometría

N°	PARROQUIA	Granulometría							
		D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)	G (%)	S (%)	F (%)	Cc	Cu
1	Pinguilí	0.076	0.191	0.470	5.20	85.31	9.49	1.02	6.18
2	Pinguilí	0.076	0.096	0.135	0.00	92.56	7.44	0.89	1.77
3	Pinguilí	0.077	0.130	0.207	1.64	89.72	8.64	1.06	2.69
4	Pinguilí	0.081	0.118	0.193	1.20	93.52	5.28	0.89	2.39
5	La Matriz	0.080	0.104	0.161	0.36	95.32	4.32	0.85	2.02
6	La Matriz	0.078	0.107	0.183	0.96	92.44	6.60	0.80	2.34
7	La Matriz	0.074	0.100	0.155	0.20	90.24	9.56	0.86	2.08
8	La Matriz	0.077	0.103	0.163	0.68	92.16	7.16	0.84	2.12
9	La Matriz	0.081	0.120	0.226	0.52	94.08	5.40	0.79	2.79
10	La Matriz	0.075	0.112	0.193	0.72	90.28	9.00	0.87	2.57
11	La Matriz	0.151	0.173	0.214	0.08	95.80	4.12	0.93	1.42
12	La Matriz	0.077	0.119	0.265	0.16	91.44	8.40	0.70	3.46

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

El porcentaje de grava es mínimo, en la mayoría de muestras representa menos del 1%, la mayor parte del material es arenoso, mostrando valores entre el 85,31% y 95,80%, además, el porcentaje de material fino en todas las muestras fluctúan entre 4,12% y 9,56%.

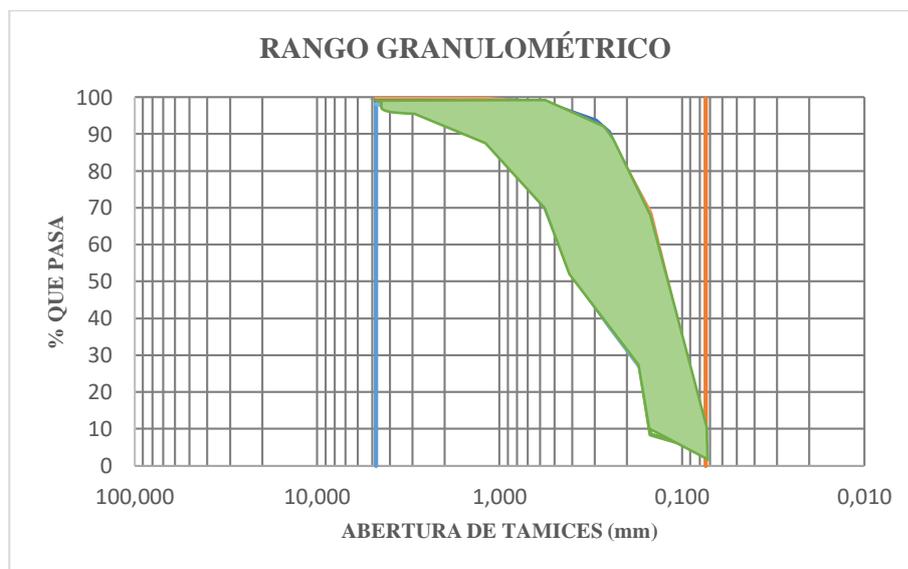


Figura 32 Rango Granulométrico
Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

3.1.1.4 Límites de Atterberg

Tabla 32 Resultados de límites de Atterberg

N°	PARROQUIA	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)	Índice de Liquidez (%)
1	Pinguilí	19.75	20.71	-0.96	11.57
2	Pinguilí	18.41	12.75	5.67	-0.01
3	Pinguilí	20.31	19.77	0.55	-8.75
4	Pinguilí	21.05	21.45	-0.41	32.69
5	La Matriz	20.82	19.93	0.90	-9.21
6	La Matriz	20.34	18.76	1.58	-1.73
7	La Matriz	24.93	20.00	4.93	-0.43
8	La Matriz	21.83	21.17	0.66	9.17
9	La Matriz	33.93	27.31	6.62	2.67
10	La Matriz	20.42	24.61	-4.20	1.67
11	La Matriz	26.55	23.33	3.22	-0.66
12	La Matriz	32.29	28.93	3.36	-0.66

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Los valores obtenidos de límite líquido en los ensayos realizados varían entre 18,41% y 33,93%, y los valores de límite plástico van entre 12,75% y 28,93% generando un rango de índice plástico entre -4,20% y 6,62%, considerando suelos no plásticos y de baja plasticidad, y un rango de índice de liquidez entre -8,75% y 32,69%, sin considerar una clasificación en base a ello.

3.1.2 Clasificación de suelos

En base a los datos obtenidos de límites de Atterberg y granulometría, es posible clasificar el suelo según la AASHTO y SUCS, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 33 Resumen de Clasificación AASHTO - SUCS

N°	PARROQUIA	Clasificación	
		SUCS	AASHTO
1	Pinguilí	SW-ML	A-3
2	Pinguilí	SP-CL-ML	A-2-4
3	Pinguilí	SP-ML	A-2-4
4	Pinguilí	SP	A-3
5	La Matriz	SP	A-2-4
6	La Matriz	SP-ML	A-2-4

7	La Matriz	SP-CL-ML	A-2-4
8	La Matriz	SP-ML	A-2-4
9	La Matriz	SP-ML	A-2-4
10	La Matriz	SP-ML	A-3
11	La Matriz	SP-ML	A-2-4
12	La Matriz	SP-ML	A-2-4

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

En la siguiente figura, consideramos la dispersión de las muestras analizadas, dentro de la carta de plasticidad.

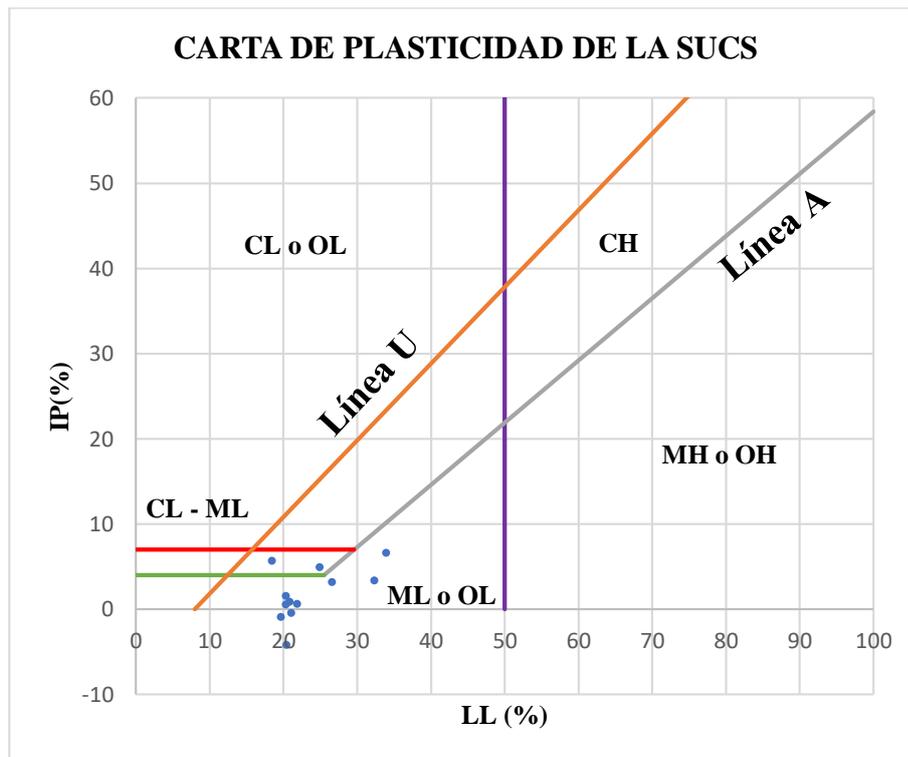


Figura 33 Carta de Plasticidad

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

En base a las relaciones obtenidas en la carta de plasticidad, en la siguiente figura se muestra la distribución del suelo según las muestras analizadas dentro del cantón Mocha, empleando la normativa de SUCS. La mayoría de muestras pertenecen al grupo SP-ML, que corresponde a arena pobremente graduada limosa de baja plasticidad.

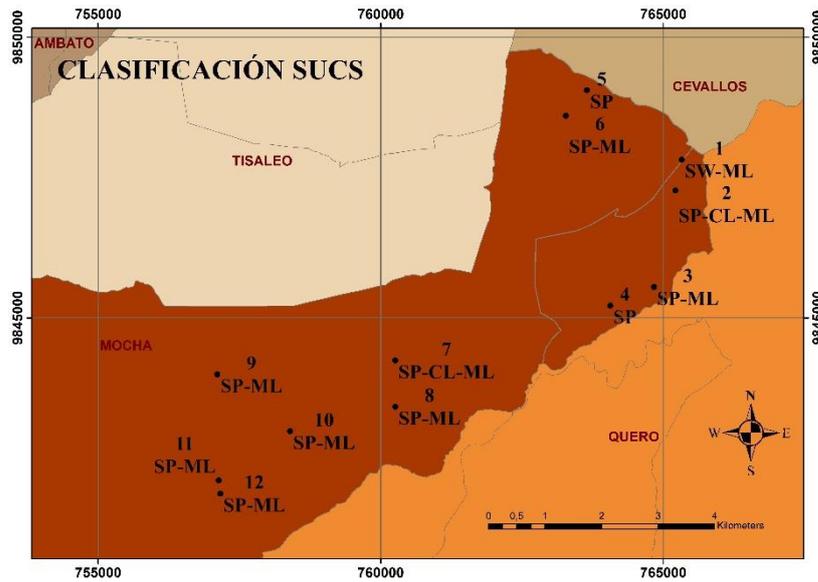


Figura 34 Distribución de suelos según la clasificación SUCS

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Según la clasificación en base a la normativa AASHTO, la mayoría de las muestras de suelo corresponden al grupo A-2-4, correspondiente a grava, arenas limosas y arcillosas; tres muestras pertenecen al grupo A-3, que son arenas finas, no plásticas.

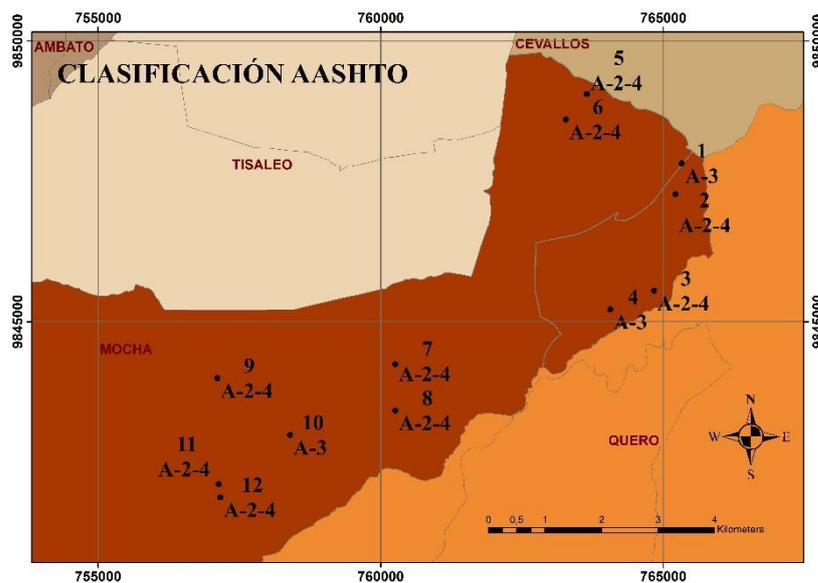


Figura 35 Distribución de la clasificación AASHTO

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

3.1.3 Propiedades Mecánicas

3.1.3.1 Proctor

El ensayo Proctor Modificado, permite conocer la densidad seca máxima que alcanza el suelo en análisis, así también el contenido de humedad óptima que se requiere para llegar a dicha densidad.

Tabla 34 Resultados Proctor

N°	PARROQUIA	yd máx. (kg/m ³)	W ópt. (%)	Gc (%)
1	Pinguilí	1.838	16.00	85.60
2	Pinguilí	1.810	8.83	63.67
3	Pinguilí	1.758	13.25	70.62
4	Pinguilí	1.745	14.00	74.18
5	La Matriz	1.730	13.72	82.65
6	La Matriz	2.143	13.30	64.98
7	La Matriz	1.795	17.50	82.84
8	La Matriz	1.740	18.00	58.40
9	La Matriz	1.346	22.50	69.09
10	La Matriz	1.829	15.80	62.15
11	La Matriz	1.700	22.60	69.65
12	La Matriz	1.494	21.00	67.38

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Los ensayos realizados han dado valores de densidades máximas entre 1,346 kg/m³ y 2,143 kg/m³, con humedades óptimas entre 8,83% y 22,60%.

3.1.3.2 CBR

Tabla 35 Resultados CBR

N°	PARROQUIA	CBR		
		95% yd máx.		
		0.1" (%)	0.2" (%)	Mayor (%)
1	Pinguilí	27.30	46.50	46.50
2	Pinguilí	33.40	36.55	36.55
3	Pinguilí	33.75	51.30	51.30
4	Pinguilí	41.75	46.75	46.75
5	La Matriz	39.80	42.50	42.50
6	La Matriz	92.00	77.00	92.00

7	La Matriz	14.50	15.80	15.80
8	La Matriz	51.50	48.70	51.50
9	La Matriz	8.00	8.00	8.00
10	La Matriz	27.50	23.20	27.50
11	La Matriz	45.00	57.50	57.50
12	La Matriz	22.25	24.00	24.00

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Los valores de CBR obtenidos en laboratorio están en un rango de 8,00% a 92,00%, sin embargo, en la mayoría de las muestras el valor de CBR oscila entre 25% y 50%, considerando valores de regulares a buenos.

3.1.3.3 DCP

Tabla 36 Resultados DCP

N°	PARROQUIA	VIA	DN (mm/golpe)
1	Pinguilí	Calle S/N, sector San Pedro	7.69
2	Pinguilí	Calle S/N, sector San Pedro	11.23
3	Pinguilí	Vía Pinguilí	15.19
4	Pinguilí	Vía Pinguilí	17.62
5	La Matriz	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	28.87
6	La Matriz	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	15.80
7	La Matriz	Av. Juan León Mera, sector Mocha	25.44
8	La Matriz	Av. Juan León Mera, sector Mocha	19.36
9	La Matriz	Av. Principal, sector Chilcapamba	51.00
10	La Matriz	Av. Principal, sector Chilcapamba	15.68
11	La Matriz	Vía S/N, sector Hacienda Atillo	23.25
12	La Matriz	Vía S/N, sector Hacienda Atillo	41.76

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

En el ensayo DCP, se obtuvieron valores entre 7,69 y 51.00, considerando un amplio rango de la resistencia del suelo analizado.

3.1.4 Tabla resumen de los ensayos de campo y de laboratorio

Tabla 37 Tabla Resumen de las propiedades del Suelo

N°	PARROQUIA	VIA	Densidad de Campo							Granulometría							
			W. nat (%)	ym in-situ (kg/m3)	yd in-situ (kg/m3)	e (%)	n (%)	Ga (%)	Gw (%)	D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)	G (%)	S (%)	F (%)	Cc	Cu
1	Pinguilí	Calle S/N, sector San Pedro	9.60	1.724	1.573	0.69	40.78	38.00	62.00	0.076	0.191	0.470	5.20	85.31	9.49	1.02	6.18
2			12.69	1.299	1.152	1.27	56.03	23.83	76.17	0.076	0.096	0.135	0.00	92.56	7.44	0.89	1.77
3		Vía Pinguilí	14.99	1.427	1.241	1.13	53.13	34.91	65.09	0.077	0.130	0.207	1.64	89.72	8.64	1.06	2.69
4			8.10	1.399	1.294	1.06	51.36	21.50	78.50	0.081	0.118	0.193	1.20	93.52	5.28	0.89	2.39
5	La Matriz	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	11.66	1.597	1.430	0.85	45.86	35.28	64.72	0.080	0.104	0.161	0.36	95.32	4.32	0.85	2.02
6			16.02	1.616	1.393	0.91	47.70	48.16	51.84	0.078	0.107	0.183	0.96	92.44	6.60	0.80	2.34
7		Av. Juan León Mera, sector Mocha	17.89	1.753	1.487	0.80	44.30	62.49	37.51	0.074	0.100	0.155	0.20	90.24	9.56	0.86	2.08
8			27.22	1.293	1.016	1.30	56.49	24.75	75.25	0.077	0.103	0.163	0.68	92.16	7.16	0.84	2.12
9		Av. Principal, sector Chilcapamba	44.99	1.344	0.927	1.87	65.19	64.72	35.28	0.081	0.120	0.226	0.52	94.08	5.40	0.79	2.79
10			17.62	1.337	1.137	1.34	57.19	35.38	64.62	0.075	0.112	0.193	0.72	90.28	9.00	0.87	2.57
11		Vía S/N, sector Hacienda Atillo	21.21	1.435	1.184	1.14	53.18	36.58	63.42	0.151	0.173	0.214	0.08	95.80	4.12	0.93	1.42
12			26.73	1.276	1.007	1.69	62.81	46.22	53.78	0.077	0.119	0.265	0.16	91.44	8.40	0.70	3.46

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 38 Tabla Resumen de las propiedades del Suelo

N°	PARROQUIA	VIA	Límites de Atterberg				Gs	Clasificación		Compactación			CBR%			DCP
			LL (%)	LP (%)	IP (%)	IL (%)		SUCS	AASHTO	γd máx. (kg/m³)	W ópt. (%)	Gc (%)	0.1" 95% γd máx.	0.2" 95% γd máx.	Mayor	DN
1	Pinguilí	Calle S/N, sector San Pedro	19.75	20.71	-0.96	11.57	2.596	SW-ML	A-3	1.838	16.00	85.60	27.30	46.50	46.50	7.69
2			18.41	12.75	5.67	-0.01	2.550	SP-CL-ML	A-2-4	1.810	8.83	63.67	33.40	36.55	36.55	11.23
3		Vía Pinguilí	20.31	19.77	0.55	-8.75	2.494	SP-ML	A-2-4	1.758	13.25	70.62	33.75	51.30	51.30	15.19
4			21.05	21.45	-0.41	32.69	2.572	SP	A-3	1.745	14.00	74.18	41.75	46.75	46.75	17.62
5	La Matriz	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	20.82	19.93	0.90	-9.21	2.584	SP	A-2-4	1.730	13.72	82.65	39.80	42.50	42.50	28.87
6			20.34	18.76	1.58	-1.73	2.508	SP-ML	A-2-4	2.143	13.30	64.98	92.00	77.00	92.00	15.80
7		Av. Juan León Mera, sector Mocha	24.93	20.00	4.93	-0.43	2.703	SP-CL-ML	A-2-4	1.795	17.50	82.84	14.50	15.80	15.80	25.44
8			21.83	21.17	0.66	9.17	2.610	SP-ML	A-2-4	1.740	18.00	58.40	51.50	48.70	51.50	19.36
9		Av. Principal, sector Chilcapamba	33.93	27.31	6.62	2.67	2.622	SP-ML	A-2-4	1.346	22.50	69.09	8.00	8.00	8.00	51.00
10			20.42	24.61	-4.20	1.67	2.631	SP-ML	A-3	1.829	15.80	62.15	27.50	23.20	27.50	15.68
11		Vía S/N, sector Hacienda Atillo	26.55	23.33	3.22	-0.66	2.516	SP-ML	A-2-4	1.700	22.60	69.65	45.00	57.50	57.50	23.25
12			32.29	28.93	3.36	-0.66	2.541	SP-ML	A-2-4	1.494	21.00	67.38	22.25	24.00	24.00	41.76

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

3.1.5 Nomenclatura

Tabla 39 Nomenclatura y sus unidades

Nomenclatura	Descripción	Unidad
W. nat.	Contenido de Humedad Natural	%
D10	Diámetro Efectivo	mm
D30	Diámetro Equiparable	mm
D60	Diámetro Dimensional	mm
G	Contenido de Grava	%
S	Contenido de Arena	%
F	Contenido de Finos	%
Cu	Coefficiente de Uniformidad	Adimensional
Cc	Coefficiente de Curvatura	Adimensional
LL	Límite Líquido	%
LP	Límite Plástico	%
IP	Índice de Plasticidad	%
IL	Índice de Liquidez	%
Gs	Gravedad Específica	Adimensional
γ_m in-situ	Densidad Húmeda In-Situ	kg/m ³
γ_d in-situ	Densidad Seca In-Situ	kg/m ³
e	Relación de vacíos	Adimensional
n	Porosidad	%
Ga	Grado de Saturación del Aire	%
Gw	Grado de Saturación del Agua	%
γ_d máx.	Densidad Seca Máxima	kg/m ³
W ópt.	Contenido de humedad óptimo	%
Gc	Grado de Compactación	%
CBR 0.1"	CBR para 0.1 pulgadas de penetración	%
CBR 0.2"	CBR para 0.2 pulgadas de penetración	%
CBR Mayor	CBR mayor entre 0.1" y 0.2"	%
DN	Índice de Penetración	mm/golpe

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

3.1.6 Correlaciones

Tabla 40 Correlaciones entre Propiedades Índice

N°	Ecuación	R ² (%)	N° Mue.	Fig. N°
1	$LP = 15.577 \ln(LL) - 27.191$	0.83	10	36
2	$W_{nat} = 0.0177(Gw)^2 - 0.7569(Gw) + 18.897$	0.82	10	37
3	$W_{nat} = 0.0177(Ga)^2 - 2.7772(Ga) + 119.91$	0.82	10	38
4	$LL = 0.116(W_{opt})^2 - 2.5406(W_{opt}) + 32.713$	0.92	11	39
5	$e = 1.5929(\gamma_{d \text{ in situ}})^{-1.749}$	0.95	12	40
6	$W_{nat} = 135.2(\gamma_{d \text{ in situ}})^2 - 374.77(\gamma_{d \text{ in situ}}) + 270.61$	0.81	12	41
7	$W_{opt} = 14.311(\gamma_{d \text{ máx}})^2 - 61.545(\gamma_{d \text{ máx}}) + 79.706$	0.71	10	42
8	$LP = -10.1538 + 19.0908 * \text{Log}(W_{opt}) + 0.3708(LL)$	0.90	10	43
9	$\gamma_{d \text{ in situ}} = 1.11 + W_{opt}^{0.5826} + LL^{-1.2489}$	0.75	10	44
10	$LP = 3.0315 + e^{-0.2223(\gamma_{d \text{ máx}})} + e^{0.0182(LL)}$	0.88	10	45
11	$Cc = 1.1553 + e^{-0.3741(\gamma_{d \text{ máx}})} + e^{-0.0276(LL)}$	0.63	10	46
12	$LL = 66.1302 - 25.9068(\gamma_{d \text{ máx}}) + 0.0913(W_{nat})$	0.85	11	47
13	$LP = 1.4982 + \gamma_{d \text{ máx}}^{-0.9035} + W_{nat}^{0.044}$	0.78	10	48

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 41 Correlaciones entre DN y Propiedades Índice

N°	Ecuación	R ² (%)	N° Mue.	Fig. N°
14	$LL = 0.3711DN + 14.947$	0.86	12	49
15	$LP = 0.0324(LL)^2 - 1.1863(LL) + 40.7$	0.81	10	50
16	$DN = 88.145(\gamma_{d \text{ máx}})^2 - 357.35(\gamma_{d \text{ máx}}) + 374.84$	0.84	12	51
17	$e = -0.00008(DN)^2 - 0.027(DN) + 0.704$	0.76	10	52
18	$Gw = 67.8624 - 31.211 * \text{Log}(DN) + 7.3803(IP)$	0.81	10	53
19	$DN = -5.4457 - 59.7734(\gamma_{d \text{ máx}}) + 1.8159(LL)$	0.87	12	54
20	$W_{nat} = 15.2686 - 67.5835 * \text{Log}(\gamma_{d \text{ in-situ}}) - 0.4248(DN)$	0.80	12	55

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 42 Correlaciones entre CBR y Propiedades Índice

N°	Ecuación	R ² (%)	N° Mue.	Fig. N°
21	$CBR = -0.0444(DN)^2 + 1.851(DN) + 27.7$	0.70	10	56
22	$CBR = -0.0382(W_{nat})^2 + 1.1002(W_{nat}) + 36.584$	0.51	10	57
23	$CBR = 23.731(\gamma d_{m\acute{a}x})^2 + 13.854(\gamma d_{m\acute{a}x}) - 50.273$	0.85	10	58
24	$CBR = 5.4645 + e^{0.1159LP} + e^{-0.1867LL}$	0.78	10	59
25	$CBR = -200.7107 + 123.9651(\gamma d_{m\acute{a}x}) + 1.9553(W_{\acute{o}pt})$	0.94	10	60

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

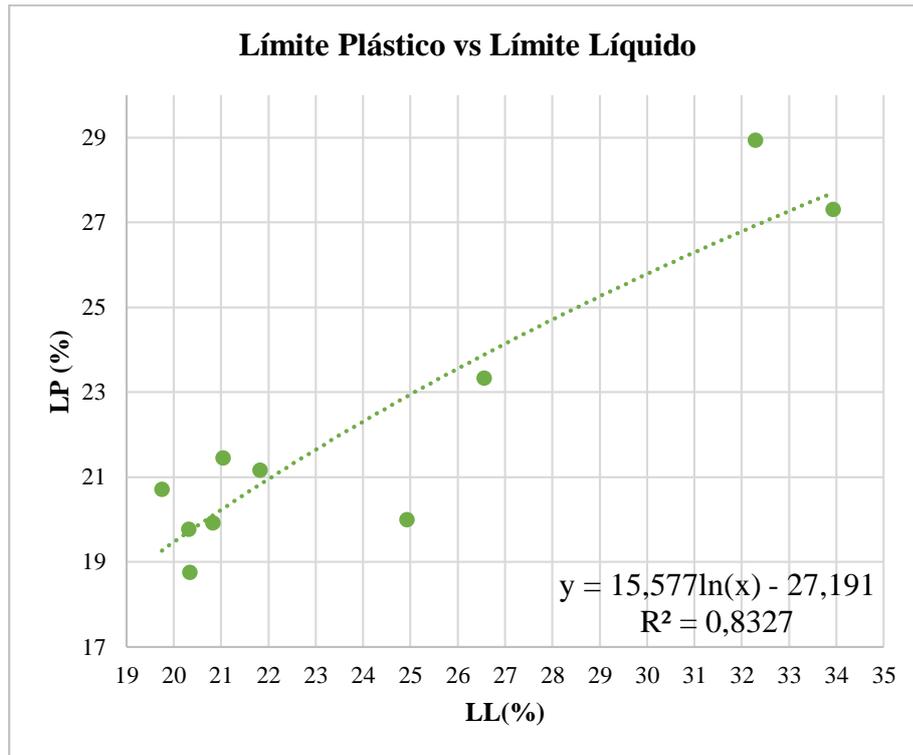


Figura 36 LP vs. LL

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $LP = 15.577 \ln(LL) - 27.191$

Coefficiente R²: 0.8327

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica realizada entre Límite Líquido (LL%) y Límite Plástico (LP%), se ajusta a una correlación logarítmica simple con un coeficiente de R² igual a 83.27% considerándose muy buena.

Ambas propiedades dependen del contenido de humedad que tiene el suelo, y requieren mayor cantidad de agua para pasar de estado sólido a líquido y de sólido a plástico respectivamente, por lo que es una relación directamente proporcional.

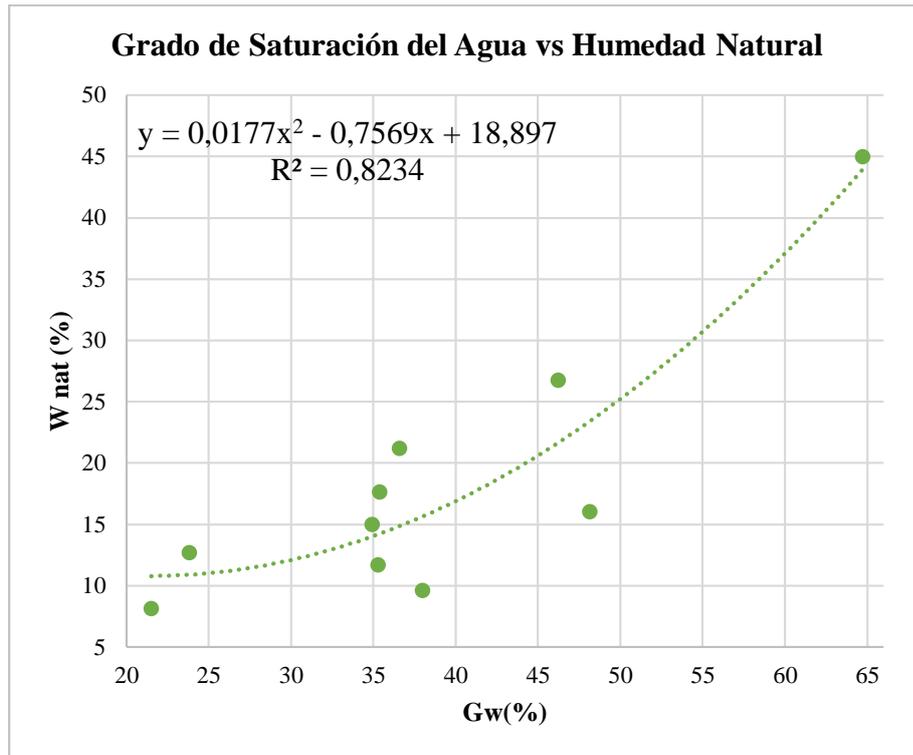


Figura 37 Gw vs. Wnat.

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $W_{nat} = 0.0177(Gw)^2 - 0.7569(Gw) + 18.897$

Coefficiente R²: 0.8234

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica realizada entre el grado de saturación del agua (Gw%) y la humedad natural (Wnat%), se ajusta a una correlación polinómica simple con un coeficiente de R² igual a 82.34% considerándose muy buena.

Las variables guardan una relación directamente proporcional, mientras mayor sea el contenido de humedad, más saturada estará la muestra de agua, los espacios intergranulares van acumulando grandes cantidades de agua.

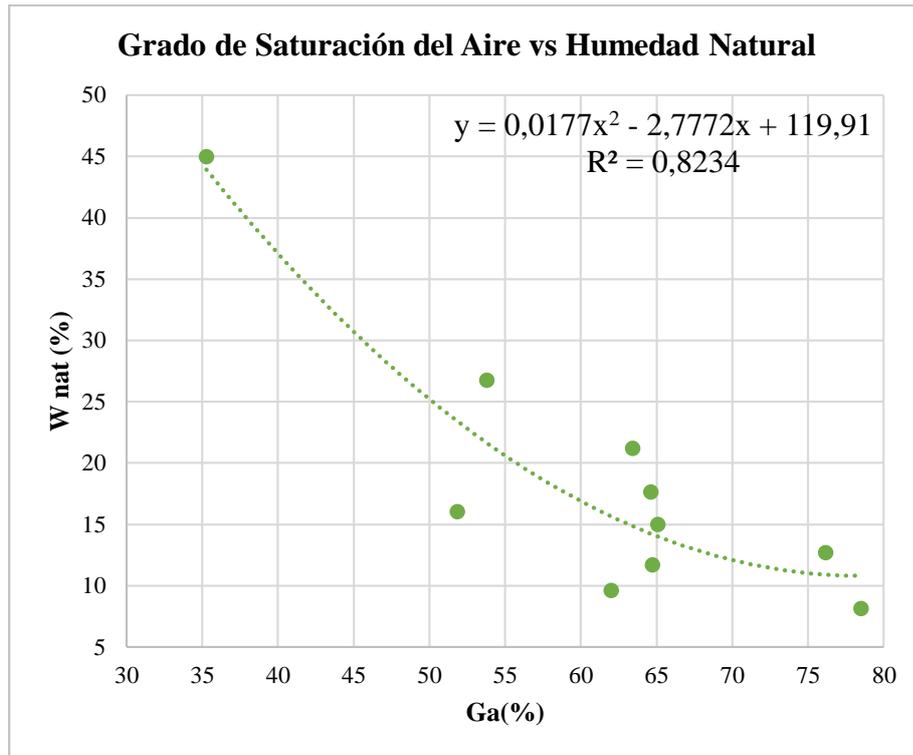


Figura 38 Ga vs. Wnat.

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $W_{nat} = 0.0177(Ga)^2 - 2.7772(Ga) + 119.91$

Coefficiente R²: 0.8234

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica realizada entre el grado de saturación del aire (Ga%) y la humedad natural (Wnat%), se ajusta a una correlación polinómica simple con un coeficiente de R² igual a 82.34% considerándose muy buena.

Las variables guardan una relación inversamente proporcional, los espacios de aire serán ocupados por moléculas de agua si el contenido de humedad es ascendente, obteniendo un grado de saturación de aire menor.

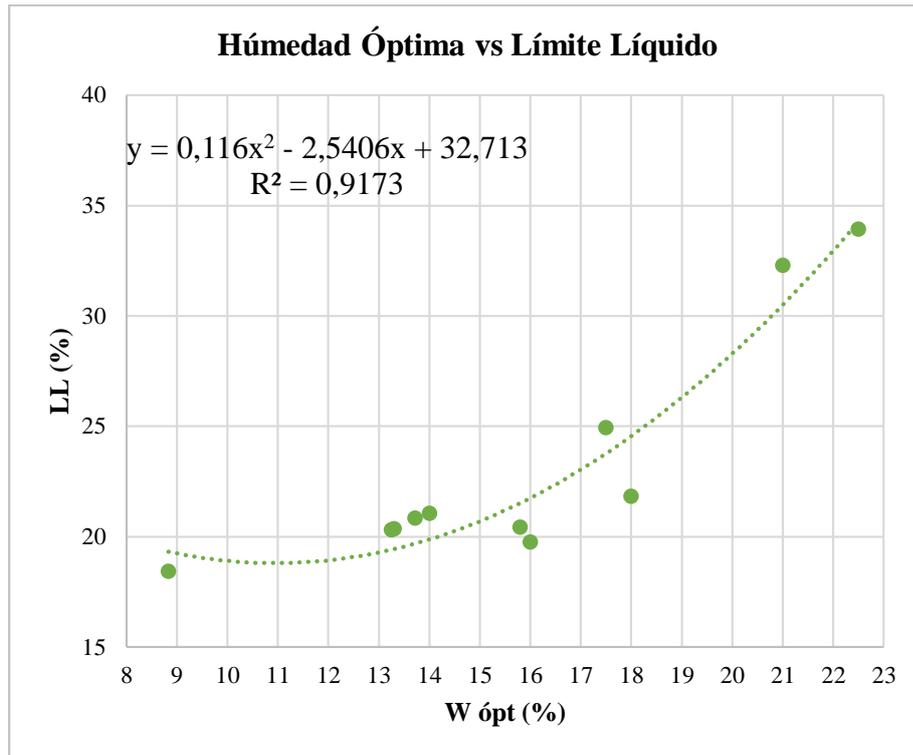


Figura 39 W_{ópt.} vs. LL

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $LL = 0.116(W_{\acute{o}pt})^2 - 2.5406(W_{\acute{o}pt}) + 32.713$

Coefficiente R²: 0.9173

Muestras utilizadas: 11

Interpretación:

La gráfica realizada entre la humedad óptima (W_{ópt}%) y el límite líquido (LL%), se ajusta a una correlación polinómica simple con un coeficiente de R² igual a 91.73% considerándose excelente.

Las variables guardan una relación directamente proporcional, ambas corresponden a un contenido de humedad que garantiza que las propiedades del suelo sean favorables, por ello, tanto la humedad óptima como el límite líquido serán crecientes.

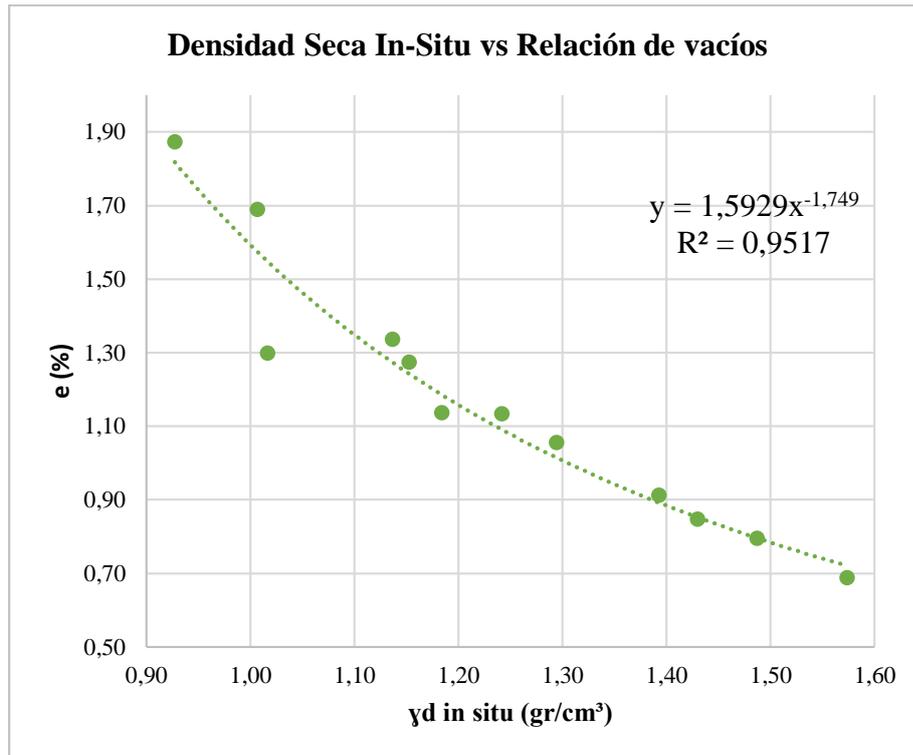


Figura 40 Yd in-situ vs. e

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $e = 1.5929(\gamma_d \text{ in situ})^{-1.749}$

Coefficiente R²: 0.9517

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

La gráfica realizada entre la densidad seca in-situ (γ_d in-situ) y la relación de vacíos (e), se ajusta a una correlación potencial simple con un coeficiente de R^2 igual a 95.17% considerándose excelente.

Las variables guardan una relación inversamente proporcional, la densidad del suelo es mayor cuando no existen espacios vacíos, considerándose suelo compacto, mientras menor sea la relación de vacíos, la densidad del suelo será mayor.

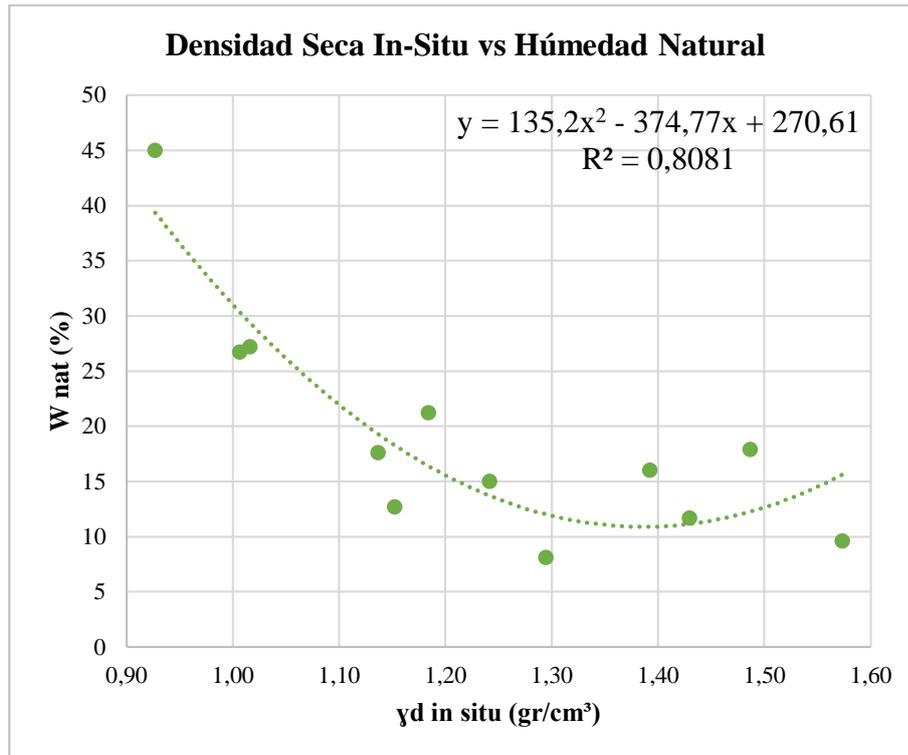


Figura 41 γd in-situ vs. Wnat.

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $W_{nat} = 135.2(\gamma_{d \text{ in situ}})^2 - 374.77(\gamma_{d \text{ in situ}}) + 270.61$

Coefficiente R²: 0.8081

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

La gráfica realizada entre la densidad seca in-situ (γd in-situ) y la humedad natural (Wnat%), se ajusta a una correlación polinómica simple con un coeficiente de R² igual a 80.81% considerándose muy bueno.

Se observa que para contenidos de humedad altos, se obtienen densidades bajas, cuando la humedad natural oscila entre 10% y 20%, la densidad del suelo empieza a subir, esto se debe a que el suelo no se encuentra saturado, las partículas del suelo se encuentran más juntas, su estructura tiene mayor densidad.

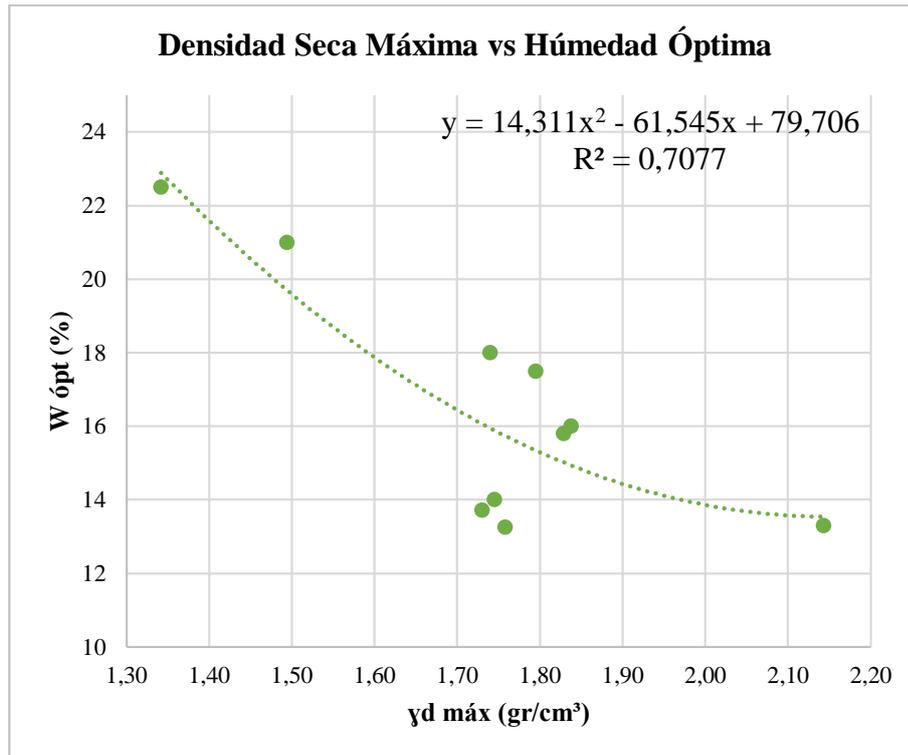


Figura 42 γ_d máx. vs. $W_{\text{ópt}}$

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $W_{\text{ópt}} = 14.311(\gamma_d \text{ máx})^2 - 61.545(\gamma_d \text{ máx}) + 79.706$

Coefficiente R^2 : 0.7077

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica realizada entre la densidad seca máxima (γ_d máx.) y la humedad óptima ($W_{\text{ópt}}\%$), se ajusta a una correlación polinómica simple con un coeficiente de R^2 igual a 70.77% considerándose bueno.

La gráfica muestra una relación inversamente proporcional entre la humedad óptima y la densidad máxima, a mayor contenido de humedad, la densidad del suelo será menor, la humedad óptima está en un rango del 10% al 25%, como se describió en la figura 41, con la mayoría de densidades entre 1.70 y 1.90.

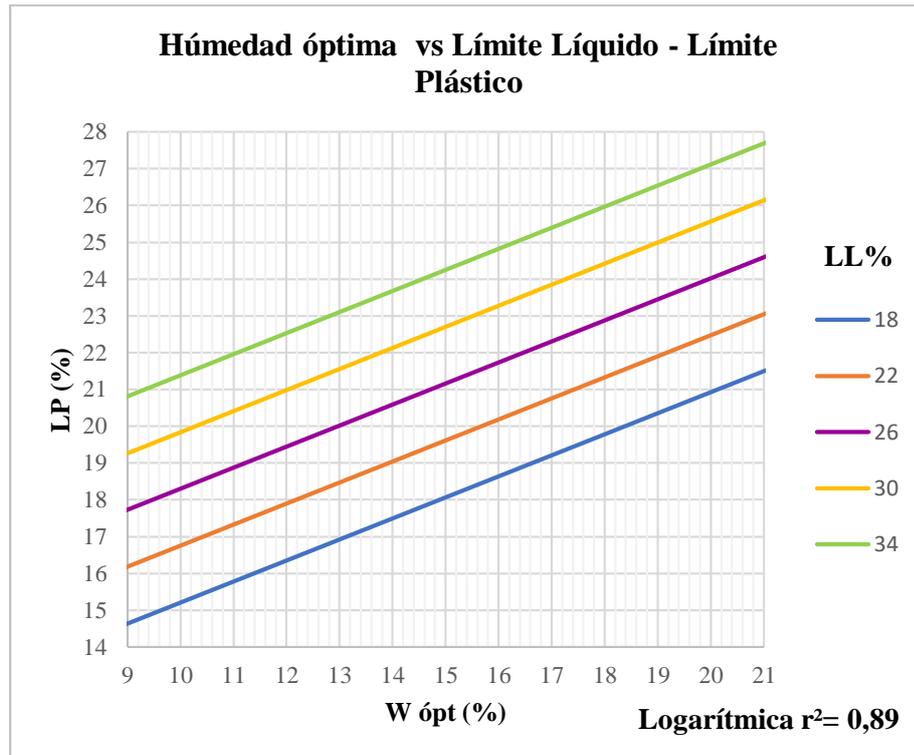


Figura 43 W_{ópt.} vs LL - LP

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $LP = -10.1538 + 19.0908 * \text{Log}(W_{\text{ópt}}) + 0.3708(LL)$

Coefficiente R²: 0.8954

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica realizada entre la humedad óptima (W_{ópt}%) vs. Límite Líquido (LL%) y Límite Plástico (LP%), se ajusta a una correlación logarítmica múltiple, con un coeficiente de R² igual a 89.54% considerándose muy buena.

Considerando constante el valor de límite líquido, se observa que mientras mayor sea el contenido de humedad óptimo el límite plástico asciende, y al incrementar el valor de límite líquido se sigue manteniendo esta relación, debido a que mientras el contenido de agua aumenta, las muestras se acercan más a sus límites líquidos y plásticos.

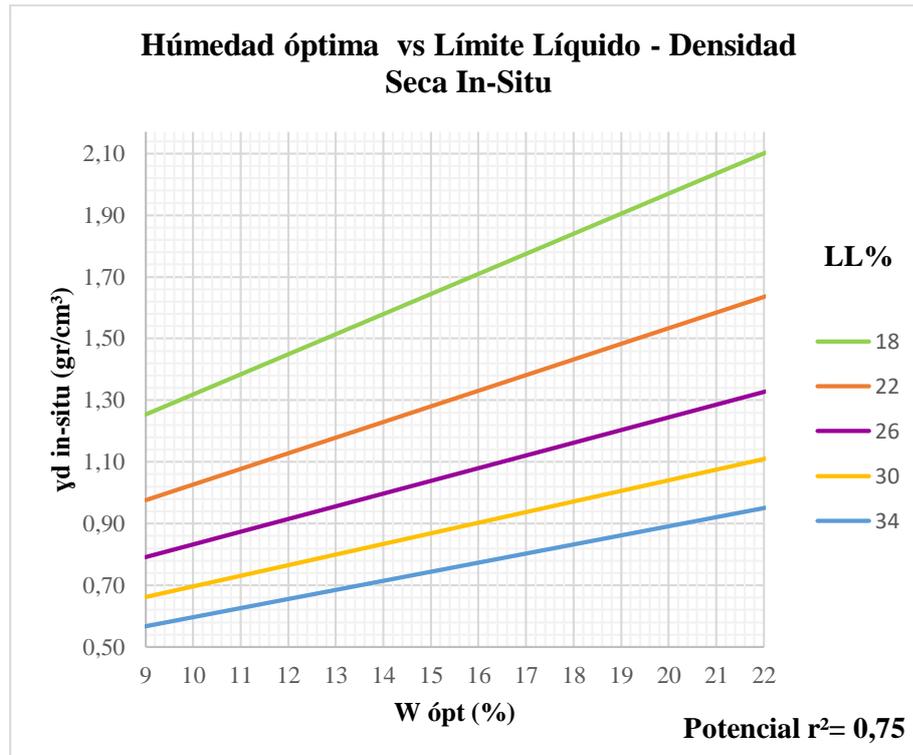


Figura 44 W_{ópt.} vs LL - γ_{d in-situ}

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $\gamma_{d \text{ in situ}} = 1.11 + W_{\text{ópt}}^{0.5826} + LL^{-1.2489}$

Coefficiente R²: 0.7477

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica realizada entre la humedad óptima (W_{ópt}%) vs. Límite Líquido (LL%) y la densidad seca in-situ (γ_{d in-situ}), se ajusta a una correlación potencial múltiple, con un coeficiente de R² igual a 74.77% considerándose buena.

La densidad seca in-situ tiene una relación directamente proporcional con la humedad óptima, sin embargo, el ajuste potencial, tiene tendencia a invertir la relación para densidades menores, esto sucede porque se obtiene la densidad máxima en el punto más crítico de la humedad, y luego estos valores empiezan a descender. Con respecto a la densidad y al límite líquido, son inversamente proporcionales, a mayor valor de límite líquido, éste tiene más agua y por ende, la densidad seca in-situ es menor.

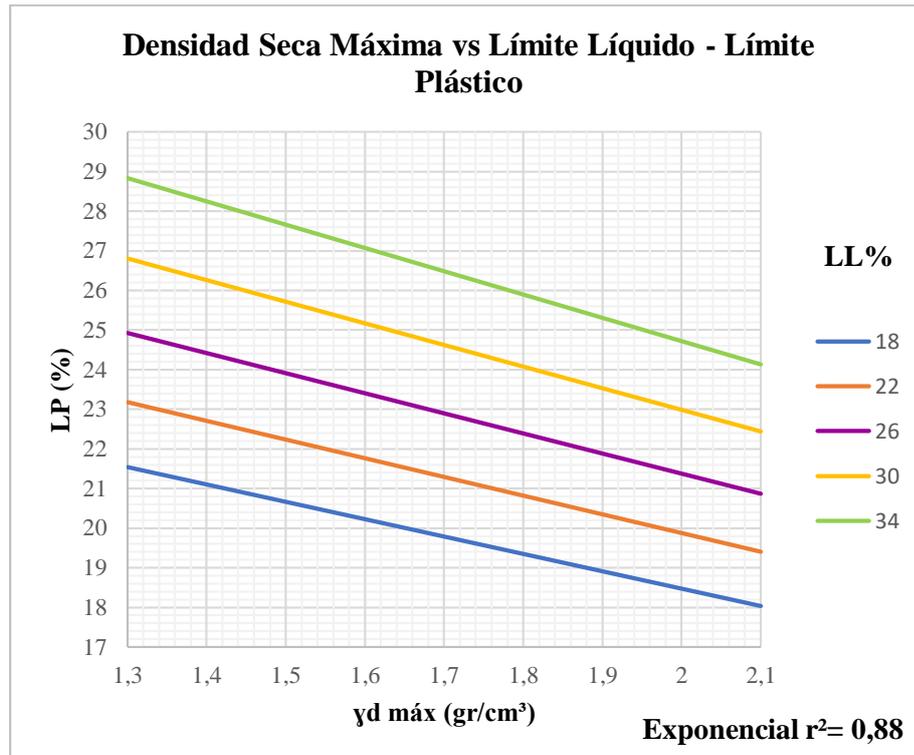


Figura 45 γ_d in-situ vs. LL - LP

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $LP = 3.0315 + e^{-0.2223(\gamma_d \text{ máx})} + e^{0.0182(LL)}$

Coefficiente R²: 0.8813

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica realizada entre la densidad seca máxima (γ_d máx.) vs. Límite Líquido (LL%) y límite plástico (LP%), se ajusta a una correlación exponencial múltiple, con un coeficiente de R² igual a 88.13% considerándose muy buena.

Existe una relación directamente proporcional entre el límite líquido y el límite plástico, sus valores dependen del contenido de humedad, estas variables guardan una relación inversamente proporcional con respecto a la densidad máxima, pues si el contenido de humedad es excesivo, los valores correspondientes a los límites líquido y plástico serán altos, y la densidad disminuirá.

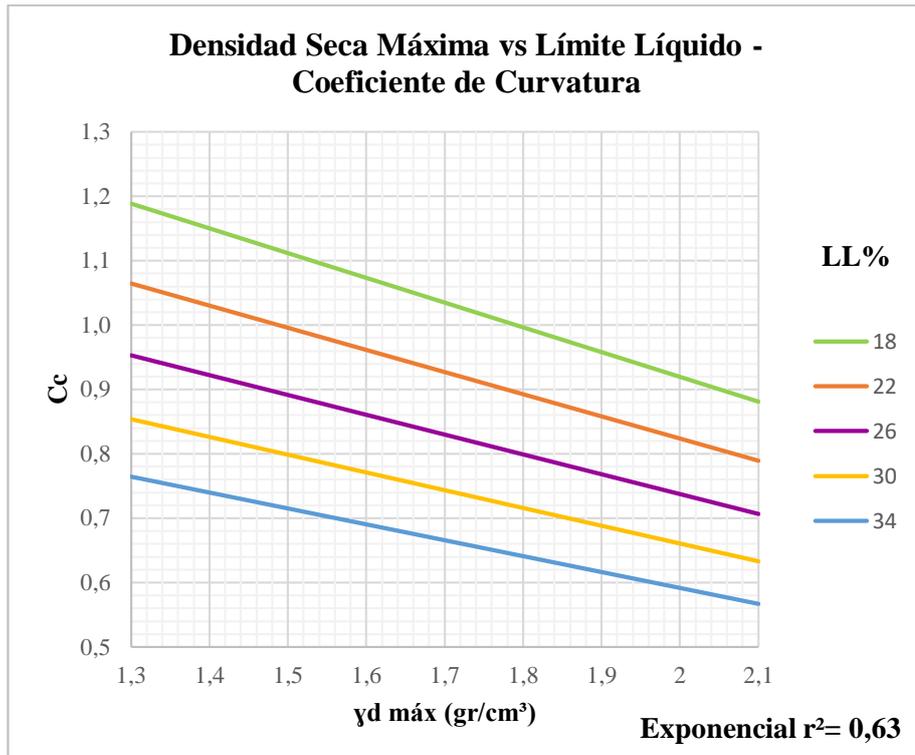


Figura 46 γ_d máx. vs. LL - Cc

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $Cc = 1.1553 + e^{-0.3741(\gamma_d \text{ máx.})} + e^{-0.0276(LL)}$

Coefficiente R^2 : 0.6281

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica realizada entre la densidad seca máxima (γ_d máx.) vs. Límite Líquido (LL%) y el coeficiente de Curvatura (Cc), se ajusta a una correlación exponencial múltiple, con un coeficiente de R^2 igual a 62.81% considerándose regular.

Se observa que el coeficiente de curvatura es inversamente proporcional a la densidad máxima del suelo, esto se debe a que el Cc indica que los suelos están mal graduados, sus partículas no se acomodan correctamente y la densidad decrece. Con respecto al límite líquido, el Cc muestra una relación inversa por la misma razón, los espacios que dejan las partículas de suelo, se llenarán de agua, y el límite líquido será mayor.

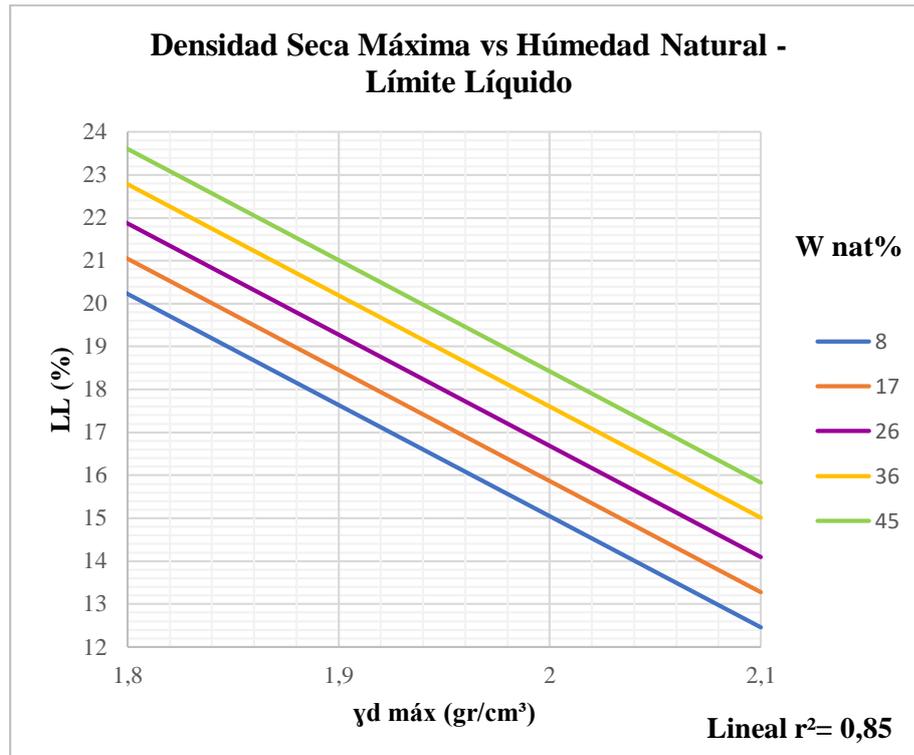


Figura 47 γ_d máx. vs. W_{nat} - LL

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $LL = 66.1302 - 25.9068(\gamma_{d \text{ máx}}) + 0.0913(W_{nat})$

Coefficiente R^2 : 0.8512

Muestras utilizadas: 11

Interpretación:

La gráfica realizada entre la densidad seca máxima (γ_d máx.) vs. humedad natural (W_{nat}) y límite líquido (LL%), se ajusta a una correlación lineal múltiple, con un coeficiente de R^2 igual a 85.12% considerándose muy buena.

Se observa que entre el límite líquido y la humedad natural, existe una relación directamente proporcional, esto sucede debido a que ambos son contenidos de humedad, y crecerán uniformemente, es por ello que con respecto a la densidad guardan una relación inversa, ya que por el aumento de agua la masa del suelo se expande y pierde sus características de resistencia.

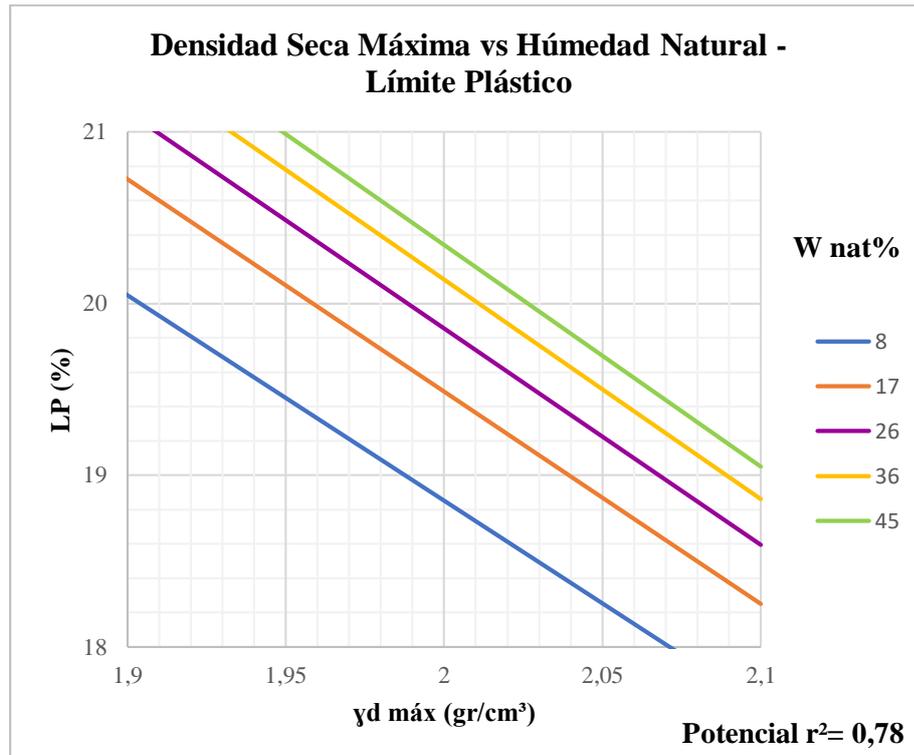


Figura 48 γ_d máx. vs. W_{nat} - LP

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $LP = 1.4982 + \gamma_{d\ máx}^{-0.9035} + W_{nat}^{0.044}$

Coefficiente R^2 : 0.7806

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica realizada entre la densidad seca máxima (γ_d máx.) vs. humedad natural (W_{nat}) y límite plástico (LP%), se ajusta a una correlación potencial múltiple, con un coeficiente de R^2 igual a 78.06% considerándose buena.

Considerando la humedad natural constante; el límite plástico y la densidad máxima son inversamente proporcionales, es decir, a mayor límite plástico, el valor de la densidad es menor por que los espacios entre las partículas del suelo están siendo ocupadas por agua, y se van separando. Si aumenta el valor de la humedad natural, el límite plástico crece, pero la densidad máxima disminuye.

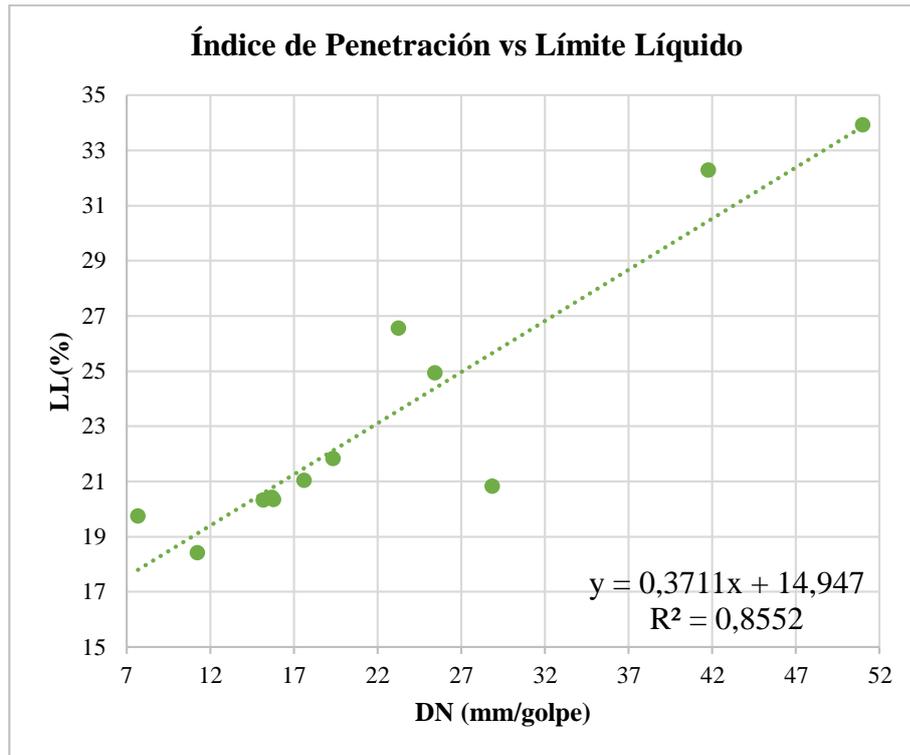


Figura 49 DN vs. LL

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $LL = 0.3711DN + 14.947$

Coefficiente R²: 0.8552

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

La gráfica realizada entre el índice de penetración (DN) vs. Límite líquido (LL), se ajusta a una correlación lineal simple, con un coeficiente de R² igual a 85.52% considerándose muy buena.

Las variables analizadas en esta gráfica, tienen una relación directamente proporcional, el índice de penetración es menor cuando el valor de límite líquido está entre 17% y 27%, en este rango la humedad correspondiente al límite líquido, permite que el suelo sea más resistente.

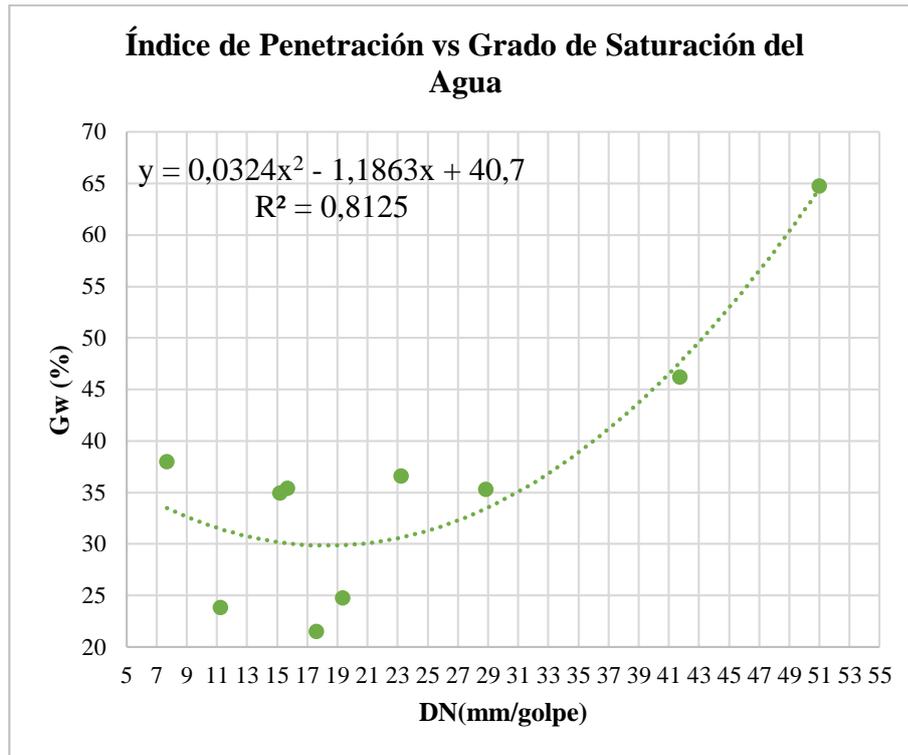


Figura 50 DN vs. Gw%

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $LP = 0.0324(LL)^2 - 1.1863(LL) + 40.7$

Coefficiente R²: 0.8125

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica realizada entre el índice de penetración (DN) y el grado de saturación del Agua (Gw%), se ajusta a una correlación polinómica simple con un coeficiente de R² igual a 81.25% considerándose muy buena.

La relación entre el índice de penetración y el grado de saturación del agua es directamente proporcional, pues a menor porcentaje de saturación de agua, el valor de DN, será mínimo, es decir el suelo tendrá mayor resistencia por la ausencia de agua.

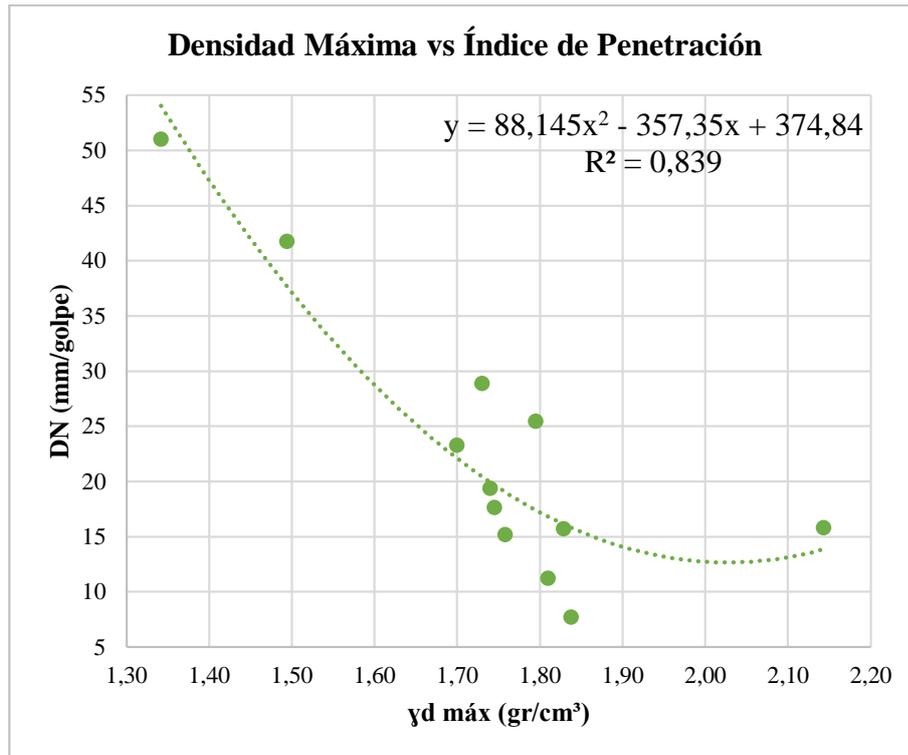


Figura 51 γd máx. vs. DN

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $DN = 88.145(\gamma_{d \text{ máx}})^2 - 357.35(\gamma_{d \text{ máx}}) + 374.84$

Coefficiente R²: 0.8390

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

La gráfica realizada entre la densidad máxima (γd máx.) y el índice de penetración (DN), se ajusta a una correlación polinómica simple con un coeficiente de R² igual a 83.90% considerándose muy buena.

La relación entre la densidad seca máxima es inversamente proporcional al índice de penetración del suelo, esta densidad es el valor más óptimo para alcanzar mejores resistencias, por lo que el valor del índice de penetración será bajo, indicando la buena calidad del suelo.

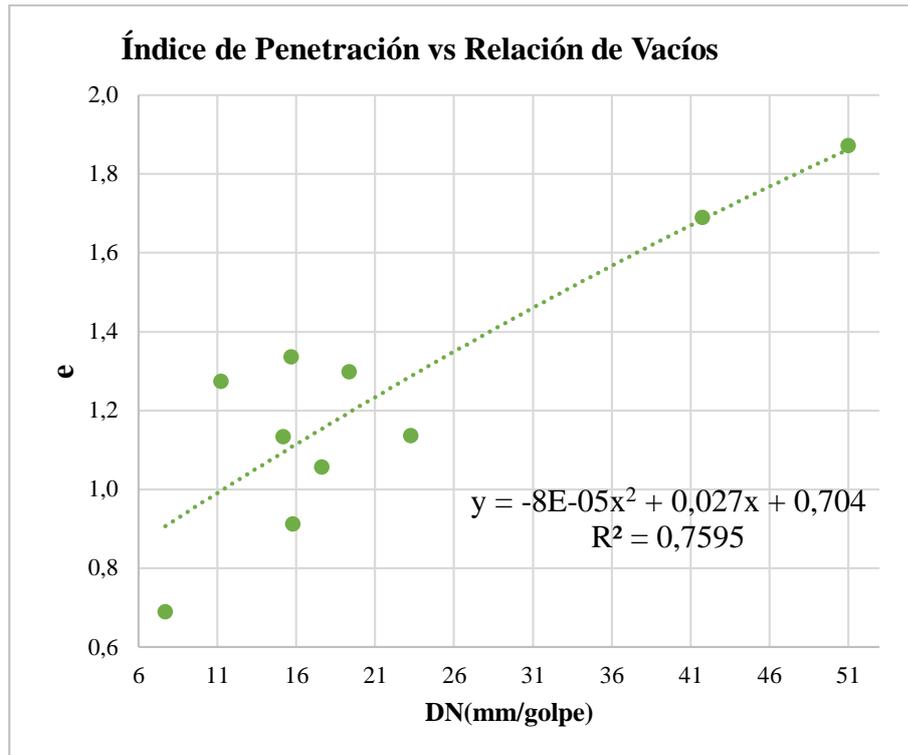


Figura 52 DN vs. e

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $e = -0.00008(DN)^2 - 0.027(DN) + 0.704$

Coefficiente R²: 0.7596

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica realizada entre el índice de penetración (DN) y la relación de vacíos (e), se ajusta a una correlación polinómica simple con un coeficiente de R² igual a 75.95% considerándose buena.

La relación entre el índice de penetración es directamente proporcional con respecto a la relación de vacíos, mientras menos espacios libres tenga la masa de suelo, será menor el índice de penetración, indicando alta resistencia del suelo.

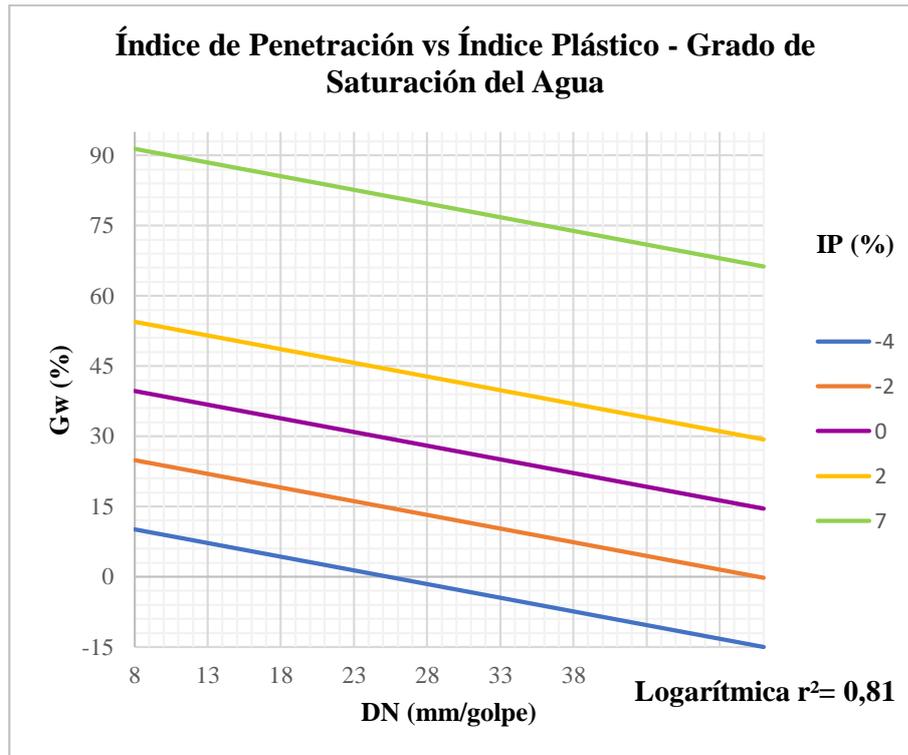


Figura 53 DN vs. IP – Gw%

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $Gw\% = 67.8624 - 31.211 * \text{Log}(DN) + 7.3803(IP)$

Coefficiente R²: 0.8055

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica realizada entre el índice de penetración (DN) vs. Índice Plástico (IP%) y el grado de saturación del agua (Gw%), se ajusta a una correlación logarítmica múltiple, con un coeficiente de R² igual a 80.55% considerándose buena.

Como se menciona en la figura 50, la relación entre Gw% y DN es inversamente proporcional, a menor saturación de agua, menor será el valor de DN, al considerar en la relación el índice plástico, se mantiene entre las variables una relación directa, mientras menor sea Gw, menor será el IP, pues las características mecánicas de un suelo de plasticidad baja son buenas.

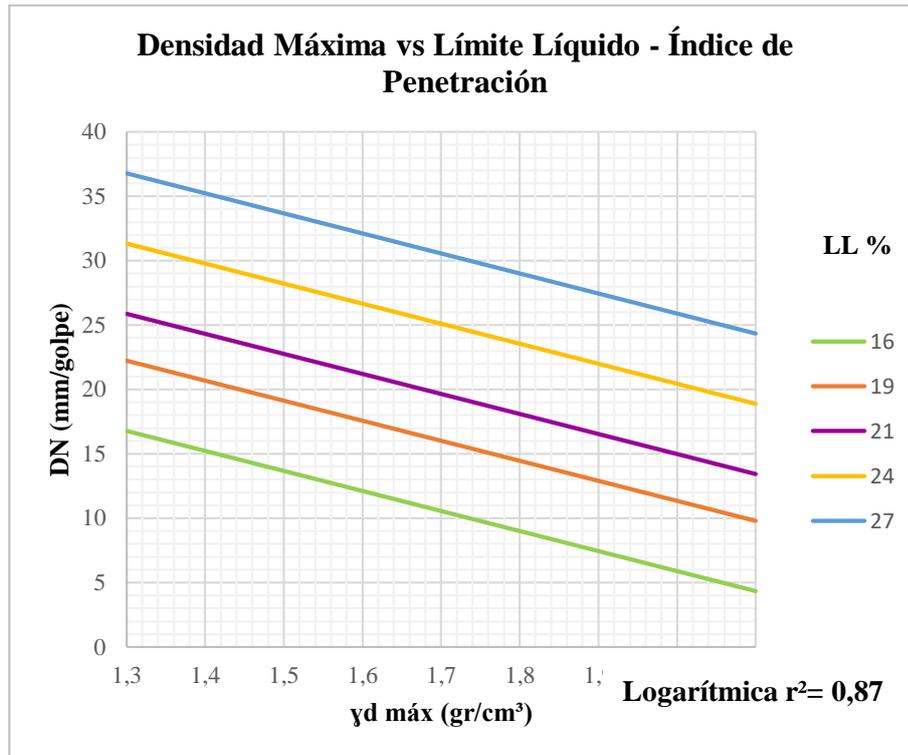


Figura 54 γ_d máx. vs. LL - DN

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $DN = -5.4457 - 59.7734(\gamma_d \text{ máx}) + 1.8159(LL)$

Coefficiente R²: 0.8715

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

La gráfica realizada entre la densidad seca máxima (γ_d máx.) vs. Límite Líquido (LL%) y el Índice de penetración (DN), se ajusta a una correlación logarítmica múltiple, con un coeficiente de R² igual a 87.15% considerándose muy buena.

Existe una relación inversamente proporcional entre el índice de penetración y la densidad seca máxima, al ser el suelo más denso tiene mayor resistencia, y el índice de penetración será menor, considerando la variación del límite líquido, muestra una relación inversa con la densidad máxima y directa con el DN, se conoce que a mayor contenido de humedad menor será la densidad, y el suelo será menos resistente, obteniendo un DN mayor.

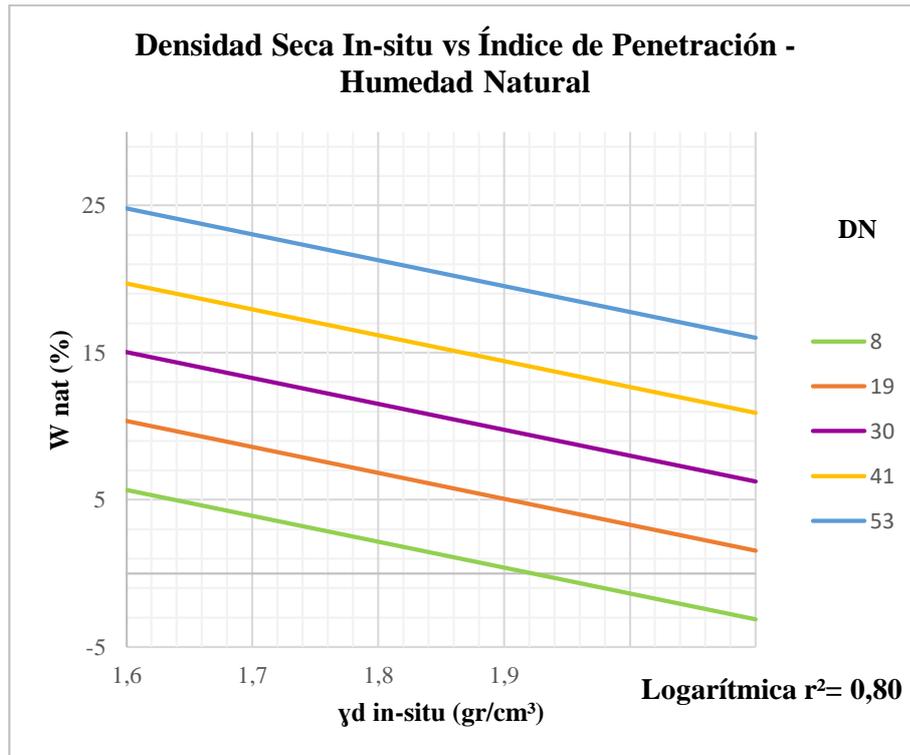


Figura 55 γ_d in-situ. vs. DN - W_{nat}

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $W_{nat} = 15.2686 - 67.5835 * \text{Log}(\gamma_{d \text{ in-situ}}) - 0.4248(DN)$

Coefficiente R²: 0.8025

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

La gráfica realizada entre densidad seca in-situ (γ_d in-situ) vs. Índice de penetración (DN) y humedad natural ($W_{nat}\%$), se ajusta a una correlación logarítmica múltiple, con un coeficiente de R^2 igual a 80.25% considerándose buena.

El índice de penetración es directamente proporcional a la humedad natural, si el suelo tiene un alto contenido de humedad, es más probable que se pueda penetrar fácilmente, se tiene un DN alto, y por la misma razón, se demuestra que la densidad seca in-situ del suelo es baja, considerando una relación inversa con respecto a W_{nat} y DN.

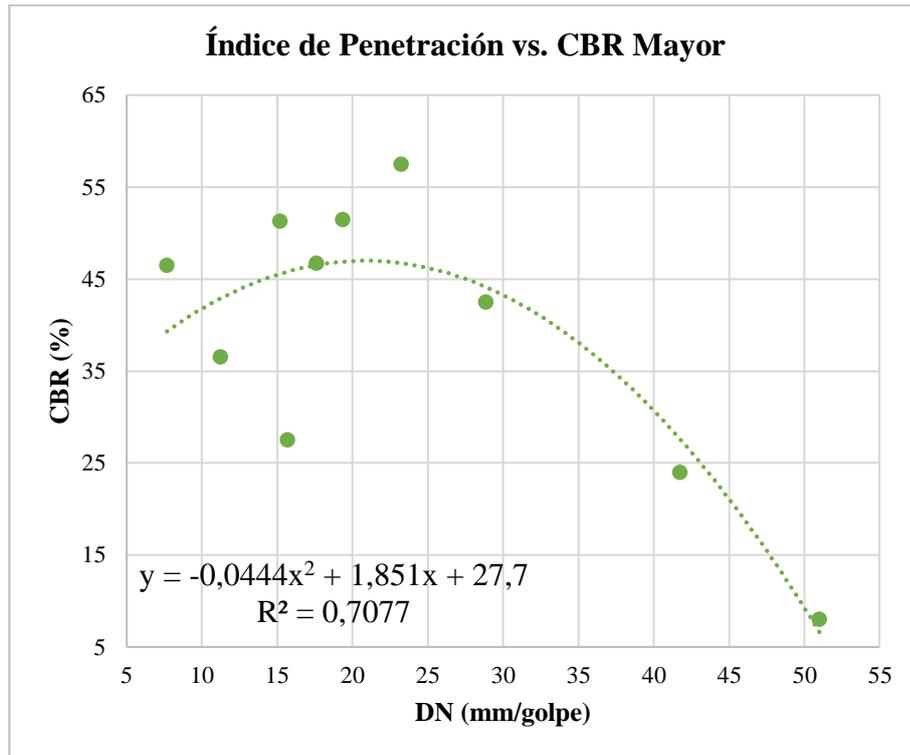


Figura 56 DN vs. CBR mayor

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $CBR = -0.0444(DN)^2 + 1.851(DN) + 27.7$

Coefficiente R²: 0.7077

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica realizada entre el CBR mayor (CBR%) y el índice de penetración (DN), se ajusta a una correlación polinómica simple con un coeficiente de R² igual a 70.77% considerándose buena.

Se observa una relación inversamente proporcional entre el índice de penetración y el porcentaje CBR, a mayor DN, menor es el valor de CBR, éste indica la resistencia al corte que tiene el suelo, entonces a menor resistencia, se puede penetrar el suelo con mayor facilidad, el índice de penetración será mayor.

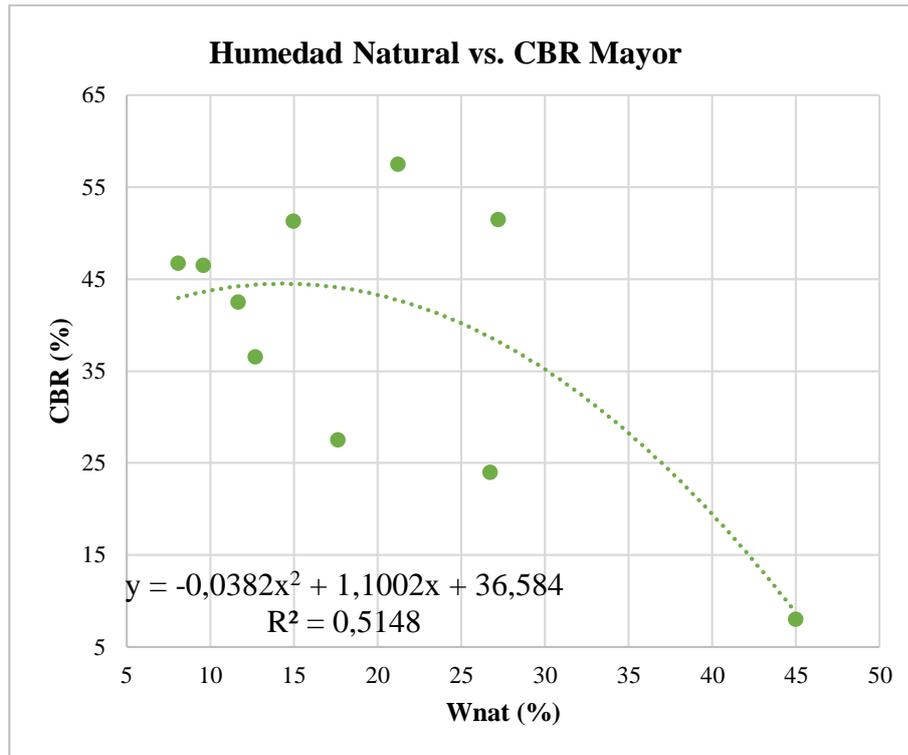


Figura 57 Wnat. vs. CBR mayor

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $CBR = -0.0382(W_{nat})^2 + 1.1002(W_{nat}) + 36.584$

Coefficiente R²: 0.5148

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica realizada entre el CBR mayor (CBR%) y la humedad natural (Wnat%) se ajusta a una correlación polinómica simple con un coeficiente de R² igual a 51.48% considerándose regular.

El CBR guarda una relación inversa con respecto a la humedad natural, a mayor contenido de humedad, el suelo disminuye su resistencia, esto se debe a que los espacios entre las partículas de suelo están ocupadas por agua, y el suelo tiende a plastificarse.

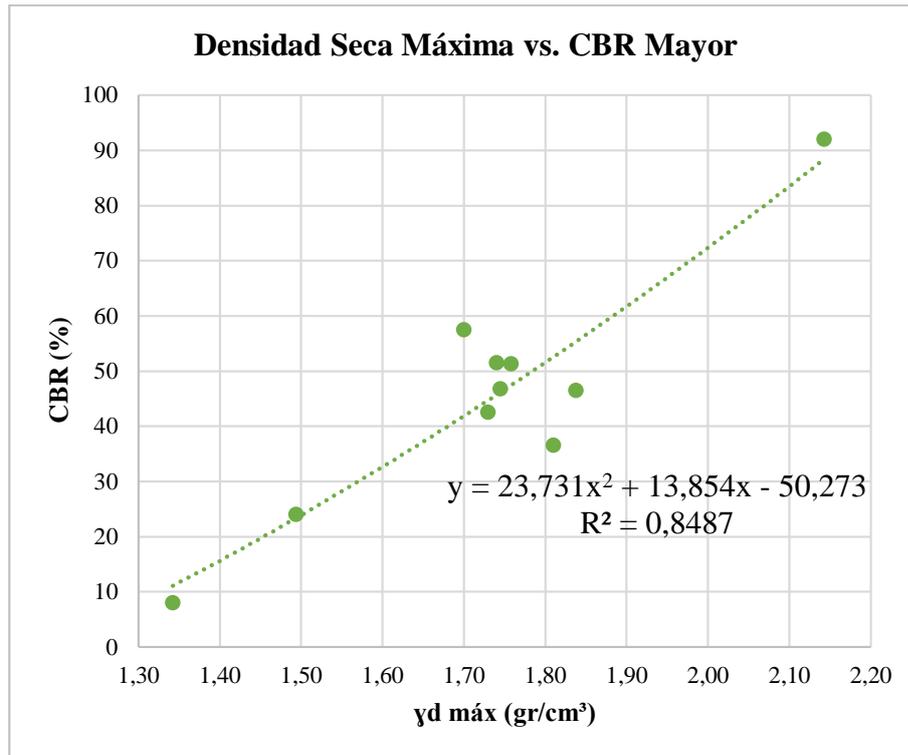


Figura 58 γd máx. vs. CBR mayor

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $CBR = 23.731(\gamma_{d\ máx})^2 + 13.854(\gamma_{d\ máx}) - 50.273$

Coefficiente R²: 0.8487

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica realizada entre el CBR mayor (CBR%) y la densidad seca máxima (γd máx) se ajusta a una correlación polinómica simple con un coeficiente de R² igual a 84.87% considerándose muy buena.

Se observa una relación directamente proporcional entre la densidad máxima y el valor de CBR, si el valor de la densidad máxima es creciente, el valor de CBR, también lo será, porque al tratarse de un suelo más denso, las partículas están mejor acomodadas, y el suelo tiende a mejorar su resistencia, y el valor de CBR crece.

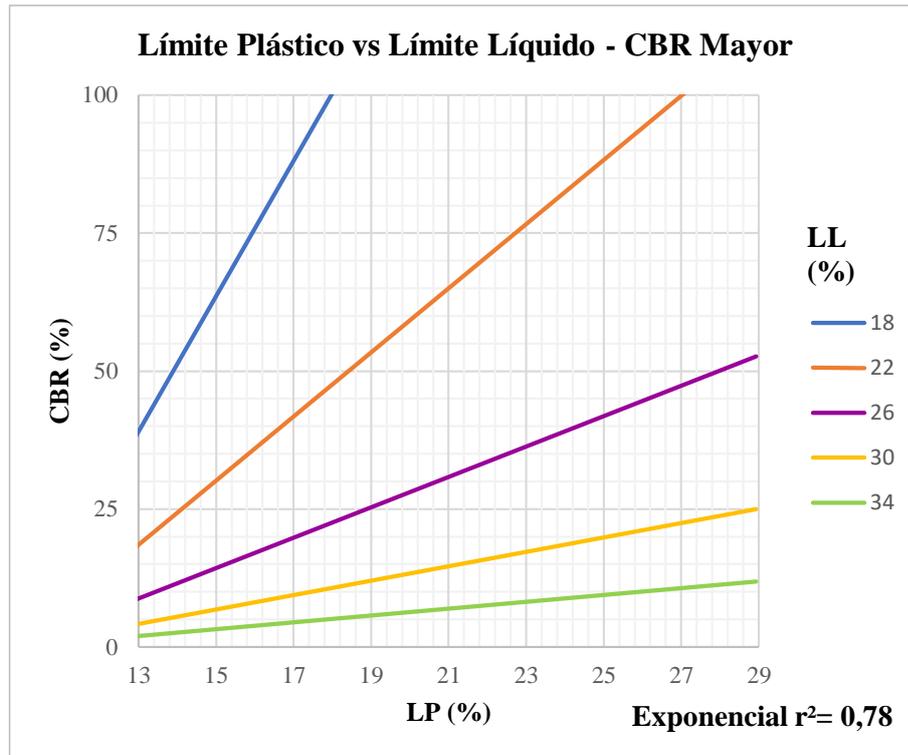


Figura 59 LP vs. LL - CBR mayor

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $CBR = 5.4645 + e^{0.1159LP} + e^{-0.1867LL}$

Coefficiente R^2 : 0.7764

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica realizada entre límite plástico (LP%) vs. límite líquido (LL%) y CBR mayor (CBR%), se ajusta a una correlación Exponencial múltiple, con un coeficiente de R^2 igual a 77.64% considerándose muy buena.

El porcentaje de CBR es inversamente proporcional al Límite Líquido, y directamente proporcional con respecto al límite plástico, si el valor de límite plástico es mayor, quiere decir que el suelo necesita un gran contenido de humedad para estar en estado plástico, por lo que tiene un CBR alto.

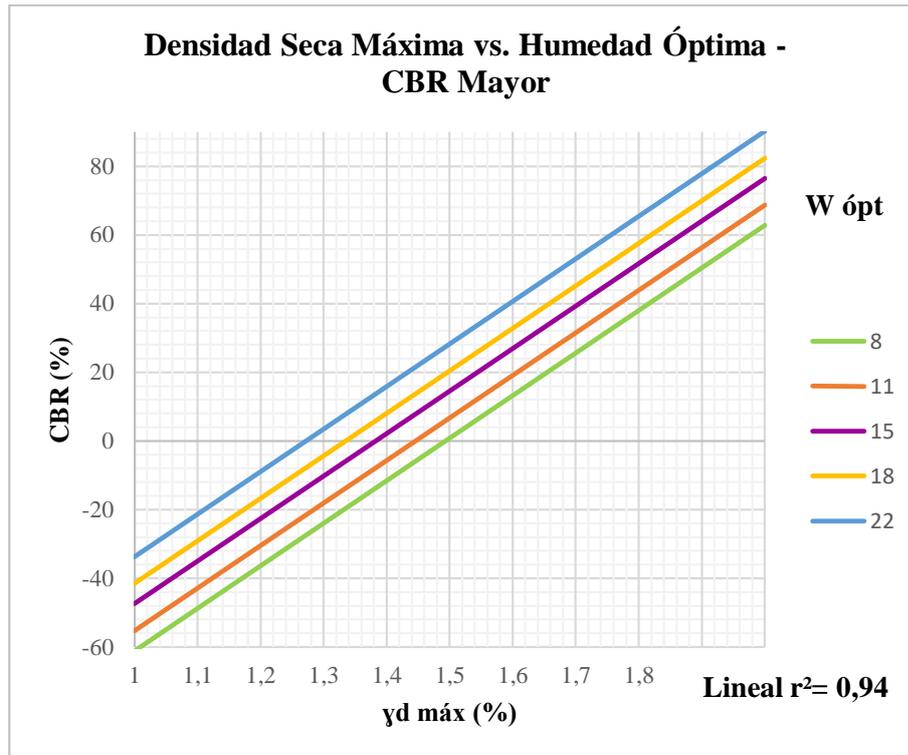


Figura 60 γd máx. vs. $W_{\text{ópt}}$ – CBR mayor

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Ecuación: $CBR = -200.7107 + 123.9651(\gamma d_{\text{máx}}) + 1.9553(W_{\text{ópt}})$

Coefficiente R^2 : 0.9389

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica realizada entre CBR mayor (CBR%) vs. Humedad óptima ($W_{\text{ópt}}$) y densidad seca máxima (γd máx.), se ajusta a una correlación lineal múltiple, con un coeficiente de R^2 igual a 93.89% considerándose muy buena.

Su ajuste fue lineal porque las tres variables son dependientes en la determinación del CBR; existe una relación directamente proporcional entre la densidad máxima y el CBR, a mayor densidad es mejor la resistencia del suelo, y por la misma razón, considerando que la humedad óptima permite alcanzar la densidad máxima, guarda una relación directamente proporcional con respecto al CBR.

3.1.7 Diseño Estructural de pavimento flexible AASHTO 93

3.1.7.1 Conteo Vehicular

El tráfico es un factor importante para diseñar un pavimento, por tal motivo se realizó un conteo vehicular en la vía “S/N Hacienda Atillo” el día Sábado 08 de mayo de 2021, desde las 06:00 hasta las 18:00 horas, con un intervalo de 15 minutos, obteniendo el siguiente resumen:

Tabla 43 Conteo Vehicular

CONTEO VEHICULAR SÁBADO 08-05-2021				
Periodo	Livianos	Buses	Pesados	Volumen cada hora
6:00 - 7:00	7	0	3	10
7:00 - 8:00	18	1	5	24
8:00 - 9:00	14	0	2	16
9:00 - 10:00	7	0	2	9
10:00 - 11:00	13	0	1	14
11:00 - 12:00	15	0	2	17
12:00 - 13:00	11	0	3	14
13:00 - 14:00	12	1	2	15
14:00 - 15:00	10	0	4	14
15:00 - 16:00	9	0	3	12
16:00 - 17:00	13	0	3	16
17:00 - 18:00	11	0	4	15
TOTAL	140	2	34	176

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Se considera el volumen vehicular de la hora pico, misma que se encuentra entre las 7:00 y 8:00am.

Tabla 44 Análisis hora pico

Periodo	Livianos	Buses	Pesados	Volumen cada 15 minutos
07:00 - 07:15	5	1	0	6
07:15 - 07:30	9	0	4	13
07:30 - 07:45	3	0	1	4
07:45 - 08:00	1	0	0	1
	18	1	5	24

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

3.1.7.2 Cálculo del tráfico actual del proyecto

En base al análisis previo se conoce:

- Tráfico promedio diario (TPD) = 176
- Volumen horario máximo diario (VHMD) = 24
- Volumen máximo en 15 minutos ($Q_{15máx}$) = 13

- **Porcentaje de la trigésima hora**

Para el diseño del pavimento en vías de zonas rurales el MOP recomienda utilizar un coeficiente de 15%. Y un factor horario máximo igual a 1.

$$TPDA = \frac{VHMD * FHMD}{15\%}$$

TPDA Livianos:

$$TPDA = \frac{18 * 1}{15\%}$$

$$TPDA = 120 \rightarrow 120 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

TPDA Buses:

$$TPDA = \frac{1 * 1}{15\%}$$

$$TPDA = 6.66 \rightarrow 6 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

TPDA Pesados:

$$TPDA = \frac{5 * 1}{15\%}$$

$$TPDA = 33.33 \rightarrow 33 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

TPDA Actual: TPDA livianos + TPDA buses +TPDA camiones

TPDA Actual: 120+6+33

TPDA Actual: 159 veh\u00edculos/d\u00eda

- **Tr\u00e1fico vehicular actual en el 1er a\u00f1o**

Tabla 45 \u00cdndice de crecimiento vehicular (i%)

Per\u00edodo	Tipo de Veh\u00edculo		
	Livianos	Buses	Camiones
2015-2020	3.97	1.97	1.94
2020-2025	3.57	1.78	1.74
2026-2030	3.25	1.62	1.58
2031-2035	3.25	1.62	1.58
2036-2041	3.25	1.62	1.58

Fuente: Normas de Dise\u00f1o Geom\u00e9trico de Carreteras, MOP 2003

$$TPDA_{1año} = Ta * (1 + i)^1$$

TPDA_{1año} Livianos:

$$TPDA_{1año} = 120 * (1 + 3.57\%)^1$$

$$TPDA_{1año} = 124.28 \rightarrow 124 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

TPDA_{1año} Buses:

$$TPDA_{1año} = 6 * (1 + 1.78\%)^1$$

$$TPDA_{1año} = 6.11 \rightarrow 6 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

TPDA_{1año} Pesados:

$$TPDA_{1año} = 33 * (1 + 1.74\%)^1$$

$$TPDA_{1año} = 33.57 \rightarrow 33 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

TPDA_{1año}: TPDA_{1año} Livianos + TPDA_{1año} Buses + TPDA_{1año} Camiones

TPDA_{1año}: 124+6+33

TPDA_{1año}: 163 veh\u00edculos/d\u00eda

- **Tr\u00e1fico generado**

$$Tg = 20\% * TPDA(1^\circ \text{a\u00f1o})$$

Tg Livianos:

$$Tg = 20\% * (124)$$

$$Tg = 24.8 \rightarrow 24 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tg Buses:

$$Tg = 20\% * (6)$$

$$Tg = 1.2 \rightarrow 1 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tg Pesados:

$$Tg = 20\% * (33)$$

$$Tg = 6.6 \rightarrow 6 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- **Tr\u00e1fico atra\u00eddo**

$$T_{at} = 10\% * TPDA(1^\circ \text{año})$$

T at Livianos:

$$T_a = 10\% * (124)$$

$$T_{at} = 12.4 \rightarrow 12 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

T at Buses:

$$T_{at} = 10\% * (6)$$

$$T_{at} = 0.6 \rightarrow 0 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

T at Pesados:

$$T_{at} = 10\% * (33)$$

$$T_{at} = 3.3 \rightarrow 3 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- Tr\u00e1fico desarrollado**

$$T_d = 10\% * TPDA(1^\circ \text{a\u00f1o})$$

T d Livianos:

$$T_d = 10\% * (124)$$

$$T_d = 12.4 \rightarrow 12 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

T d Buses:

$$T_d = 10\% * (6)$$

$$T_d = 0.6 \rightarrow 0 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

T d Pesados:

$$T_d = 10\% * (33)$$

$$T_d = 3.3 \rightarrow 3 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tabla 46 Tr\u00e1fico actual del proyecto

C\u00e1lculo del Tr\u00e1fico Actual						
Tipo de veh\u00edculo	TPDA Actual	TPDA 1a\u00f1o	Tg	T at	Td	Ta
Livianos	120	124	24	12	12	172
Buses	6	6	1	0	0	7
Pesados	33	33	6	3	3	45

Autor: Olga Estefan\u00eda Peralvo Quinaluisa

3.1.7.3 Cálculo del tráfico futuro

Según las normas de diseño geométrico de carreteras, para vías pavimentadas de bajo volumen de tráfico se debe considerar un período de análisis de 15 a 25 años.[29]

El cálculo del tráfico futuro se basa en la siguiente fórmula, con los índices de crecimiento que indica la tabla N°45.

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

- **Tráfico futuro para un período de diseño N = 20 años**

Tf Livianos: i% = 3.25

$$Tf = 172 * (1 + 3.25\%)^{20}$$

$$TPDA_{1año} = 326.08 \rightarrow 326 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tf Buses: i% = 1.62

$$TPDA_{1a\u00f1o} = 7 * (1 + 1.62\%)^{20}$$

$$TPDA_{1a\u00f1o} = 9.65 \rightarrow 9 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tf Pesados: i% = 1.58

$$TPDA_{1a\u00f1o} = 45 * (1 + 1.58\%)^{20}$$

$$TPDA_{1a\u00f1o} = 61.57 \rightarrow 61 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$Tf = 326 + 9 + 61$$

$$Tf = 396 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tabla 47 Tráfico proyectado para el período de diseño

Per\u00edodo	N\u00b0 A\u00f1os	\u00cdndice de crecimiento (i%)			TPDA Futuro = Ta*(1+i) ⁿ			Total
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	
2021	0	3.57	1.78	1.74	172	7	45	224
2022	1	3.57	1.78	1.74	178	7	45	230
2023	2	3.57	1.78	1.74	184	7	46	237
2024	3	3.57	1.78	1.74	191	7	47	245
2025	4	3.57	1.78	1.74	197	7	48	252
2026	5	3.25	1.62	1.58	201	7	48	256
2027	6	3.25	1.62	1.58	208	7	49	264
2028	7	3.25	1.62	1.58	215	7	50	272
2029	8	3.25	1.62	1.58	222	7	51	280
2030	9	3.25	1.62	1.58	229	8	51	288
2031	10	3.25	1.62	1.58	236	8	52	296
2032	11	3.25	1.62	1.58	244	8	53	305

2033	12	3.25	1.62	1.58	252	8	54	314
2034	13	3.25	1.62	1.58	260	8	55	323
2035	14	3.25	1.62	1.58	269	8	56	333
2036	15	3.25	1.62	1.58	277	8	56	341
2037	16	3.25	1.62	1.58	286	9	57	352
2038	17	3.25	1.62	1.58	296	9	58	363
2039	18	3.25	1.62	1.58	305	9	59	373
2040	19	3.25	1.62	1.58	315	9	60	384
2041	20	3.25	1.62	1.58	326	9	61	396

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

El tráfico a considerarse para el proyecto es de 396 vehículos/día, por esta razón, y según las normas para el diseño de carreteras del MOP, se considera como una vía colectora clase III.

Tabla 48 Relación entre Función, Clase y Tráfico

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA	TPDA
CORREDOR ARTERIAL	RI-RII	>8000
	I	3000-8000
COLECTORA	II	1000-3000
	III	300-1000
VECINAL	IV	100-300
	V	<100

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, MOP 2003

3.1.7.4 Cálculo Eje equivalente según el período de diseño (W18)

- **Factor de daño**

Tabla 49 Factor de daño según tipo de automotor (FD)

Tipo	Simple		Simple Doble		Tandem		Tridem		Factor de Diseño
	Ton	$(P/6.6)^4$	Ton	$(P/8.2)^4$	Ton	$(P/15)^4$	Ton	$(P/23)^4$	
Livianos	3	0.04							0.04
Bus	4	0.13	8	0.91					1.04
C-2P	2.5	0.02							1.29
	7	1.27							
C-2G	6	0.68	11	3.24					3.92
C-3	6	0.68			18	2.07			2.75
C-4	6	0.68					25	1.4	2.08
C-5	6	0.68			18	2.07			2.75
C-6	6	0.68			18	2.07	25	1.4	4.15

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, MOP 2003

El factor de daño a utilizarse según la tabla será 0.04 para vehículos livianos, para buses 1.04 y para vehículos pesados 1.29.

- **Factor de distribución por carril**

La vía considerada para el diseño tiene dos carriles, uno en cada sentido, por lo que se utiliza el 100%.

Tabla 50 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 para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

- **Número de ejes equivalentes**

Se calcula para el final del periodo de diseño, para cada tipo de vehículo, mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

W18 = Número acumulado de ejes equivalentes

TPDA_{Final} = Tráfico promedio diario anual final

FD = Factor de daño

fd = Factor de distribución por carril

Cálculo del W18 para el año 2041:

$$W18 = 365 * TPDA_{Final} * FD$$

$$W18_{parcial} = (365 * 326 * 0.04) + (365 * 9 * 1.04) + (365 * 61 * 1.29)$$

$$W18_{parcial} = 36897.85$$

Tabla 51 Cálculo del número de ejes equivalentes (W18)

Período	N° Años	Índice de crecimiento (i%)			TPDA Futuro = $Ta^*(1+i)^n$			Total	W18 Parcial	W18 acumulado	W18 de diseño
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones				
2021	0	3.57	1.78	1.74	172	7	45	224	26356.65	26357	13178
2022	1	3.57	1.78	1.74	178	7	45	230	26444.25	52801	26400
2023	2	3.57	1.78	1.74	184	7	46	237	27002.7	79804	39902
2024	3	3.57	1.78	1.74	191	7	47	245	27575.75	107379	53690
2025	4	3.57	1.78	1.74	197	7	48	252	28134.2	135514	67757
2026	5	3.25	1.62	1.58	201	7	48	256	28192.6	163706	81853
2027	6	3.25	1.62	1.58	208	7	49	264	28765.65	192472	96236
2028	7	3.25	1.62	1.58	215	7	50	272	29338.7	221811	110905
2029	8	3.25	1.62	1.58	222	7	51	280	29911.75	251722	125861
2030	9	3.25	1.62	1.58	229	8	51	288	30393.55	282116	141058
2031	10	3.25	1.62	1.58	236	8	52	296	30966.6	313082	156541
2032	11	3.25	1.62	1.58	244	8	53	305	31554.25	344637	172318
2033	12	3.25	1.62	1.58	252	8	54	314	32141.9	376779	188389
2034	13	3.25	1.62	1.58	260	8	55	323	32729.55	409508	204754
2035	14	3.25	1.62	1.58	269	8	56	333	33331.8	442840	221420
2036	15	3.25	1.62	1.58	277	8	56	341	33448.6	476289	238144
2037	16	3.25	1.62	1.58	286	9	57	352	34430.45	510719	255359
2038	17	3.25	1.62	1.58	296	9	58	363	35047.3	545766	272883
2039	18	3.25	1.62	1.58	305	9	59	373	35649.55	581416	290708
2040	19	3.25	1.62	1.58	315	9	60	384	36266.4	617682	308841
2041	20	3.25	1.62	1.58	326	9	61	396	36897.85	654580	327290

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

El valor total para ejes equivalentes con respecto al año 2041 es 327290.

Tabla 52 Espesores mínimos según ejes equivalentes

TRÁNSITO W18	CARPETA ASFÁLTICA (D1)	CAPA BASE (D2)
Menos de 5 000	1.0 ó Tándem Superficial	4.0
50 001 a 150 000	2.0	4.0
150 001 a 500 000	2.5	4.0
500 001 a 2 000 000	3.0	6.0
2 000 001 a 7 000 000	3.5	6.0
Mayor a 7 000 000	4.0	6.0

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

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

Carpeta asfáltica D1= 2.5 pulgadas

Base Granular D2= 4 pulgadas

- **Confiabilidad “R”**

Tabla 53 Nivel de confiabilidad "R"

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	ZONAS URBANAS	ZONAS RURALES
Autopistas	85-99.9	80-99.9
Carreteras de 1er Orden	80-90	75-95
Carreteras de 2do Orden	80-95	75-95
Caminos vecinales o locales	50-80	50-80

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

Al tratarse de un sector rural, y una carretera de segundo orden, el nivel de confiabilidad “R” es de 85%.

- **Densidad Estándar Normal “Zr”**

Tabla 54 Desviación Estándar Normal "Zr"

CONFIABILIDAD "R" %	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL, Z _R
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: Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

La desviación estándar Z_r correspondiente al nivel de confiabilidad de 85% es de 1.037 negativo.

- **Desviación Estándar Global “So”**

Para el diseño del pavimento se recomienda usar un “So” de 0,45.

- **Índice de serviciabilidad “PSI”**

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

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

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

- **Módulo de resiliencia “Mr”**

Se utilizará un CBR de laboratorio con un valor de 24.00% perteneciente al pozo 12.

$$\text{Mr (PSI)} = 4326 * \ln(\text{CBR}) + 241$$

$$\text{Mr (PSI)} = 4326 * \ln(24) + 241$$

$$\text{Mr (PSI)} = 13989.26$$

$$\text{Mr} = 13.99 \text{ Ksi}$$

- **Coefficiente estructural a1**

El tráfico de ésta vía, se considera liviano, y con referencia a la AASHTO 93, se establece una estabilidad mínima de 1800 lb para determinar el valor a1.

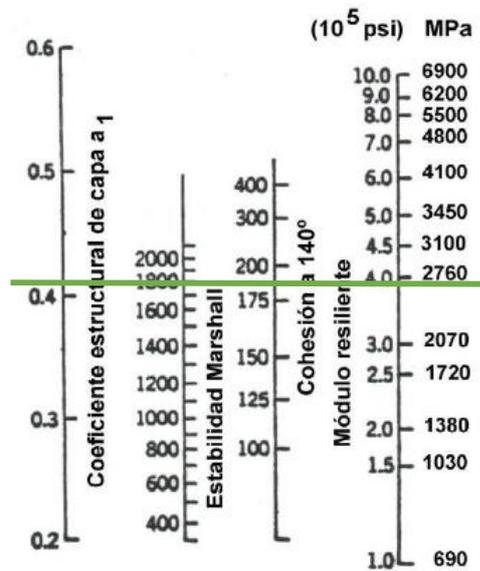


Figura 61 Nomograma para determinar el coeficiente estructural de la subrasante a1

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

Tabla 55 Determinación de valores a1

Módulo Elástico		Valores a1
PSI	Mpa	
125 000	875	0.220
150 000	1050	0.250
175 000	1225	0.280
200 000	1400	0.295
225 000	1575	0.320
250 000	1750	0.330
275 000	1925	0.350
300 000	2100	0.360
325 000	2275	0.375
350 000	2450	0.380
375 000	2625	0.405
400 000	2800	0.420
425 000	2975	0.435
450 000	3150	0.440

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

Mediante el uso del nomograma, para la estabilidad de 1800 lb, se obtiene el valor de a1 igual a 0.405, el módulo de resiliencia para la carpeta asfáltica corresponde a 375 000 psi.

- **Coefficiente estructural a2**

Para la determinación de a2, la normativa del diseño geométrico de carreteras MOP 2003, indica que la base granular debe tener un CBR mínimo de 80%, partiendo de este dato se obtiene a2 y el Módulo de Elasticidad en el siguiente monograma.

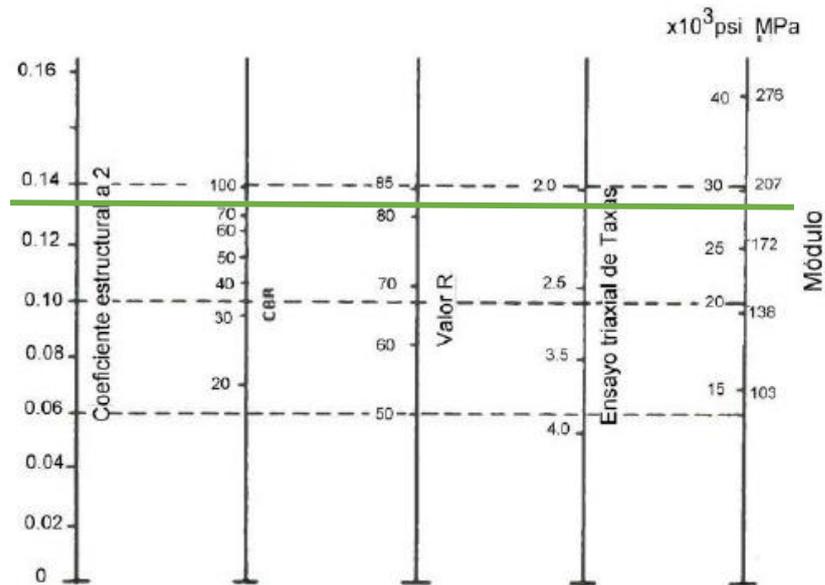


Figura 62 Nomograma para la determinación del coeficiente estructural a2

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

Tabla 56 Determinación de valores a3

Base de agregados	
CBR	a2
50	0.115
55	0.12
60	0.125
70	0.13
80	0.133
90	0.137
100	0.14

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

Se establece un coeficiente estructural de 0.133 y un módulo de elasticidad para la base de 28Ksi.

- **Coefficiente estructural a3**

Para la determinación de a3, la normativa del diseño geométrico de carreteras MOP 2003, indica que la sub-base granular debe tener un CBR mínimo de 30%, partiendo de este dato se obtiene a3 y el Módulo de Elasticidad en el siguiente Nomograma.

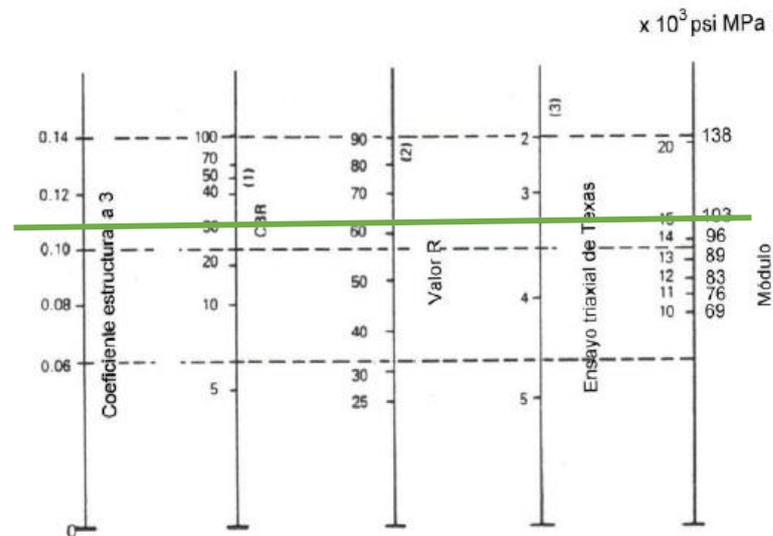


Figura 63 Nomograma para la determinación del coeficiente estructural a3

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

Se establece un coeficiente estructural de 0.108 y un módulo de elasticidad para la base de 14.8 Ksi.

- **Coefficiente de drenaje “m2, m1”**

Tabla 57 Corrección de coeficientes m2 y m3 en base al drenaje

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

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

En las distintas inspecciones al sitio, se observó que es una zona muy húmeda, considerando una calidad de drenaje Regular, y se establece un coeficiente de 0,9.

- **Resumen de resultados obtenidos**

Tabla 58 Cuadro resumen para cálculo de "SN", CBR 24%

DATOS OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE "SN"	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2041	396 vehículos
Período de diseño	20 años
Ejes equivalentes	327290
Clasificación de la vía	Colectora clase III
Serviciabilidad inicial	4.2
Serviciabilidad final	2
CBR de la subrasante	24%
Confiabilidad	85%
Desviación estándar (Zr)	-1.037
Desviación global (So)	0.45
Módulo de resiliencia de subrasante Mr.(PSI)	13989.26
Módulo de resiliencia de carpeta asfáltica (PSI)	375000
Módulo de resiliencia de capa base (PSI)	28000
Módulo de resiliencia de capa subbase (PSI)	14800
Coefficiente estructural a1	0.405
Coefficiente estructural a2	0.133
Coefficiente estructural a3	0.108
Coefficiente de drenaje m2 y m3	0.9

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Figura 64 Software diseño de pavimento flexible, CBR 24%

Fuente: AASHTO 93

Tabla 59 Diseño de pavimento flexible, CBR 24%

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
PROYECTO	: Proyecto de Titulación	TRAMO	: Vía Atillo-La Matriz
SECCION	: km a km	FECHA	: Mayo 2021
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)			327.290
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)			13.99
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)			0.900
Subbase (m ₃)			0.900
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})		2.15	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})		1.64	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})		0.47	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})		0.05	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	10.3 cm	5.0 cm	0.80
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	9.9 cm	15.0 cm	0.71
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	1.2 cm	20.0 cm	0.77
ESPESOR TOTAL (cm)		40.0 cm	2.27
DISEÑADO POR : Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa			<i>fm</i>

Fuente: AASHTO 93

Los espesores propuestos para las capas del pavimento flexible para una subrasante con el CBR determinado en el laboratorio de 24% son:

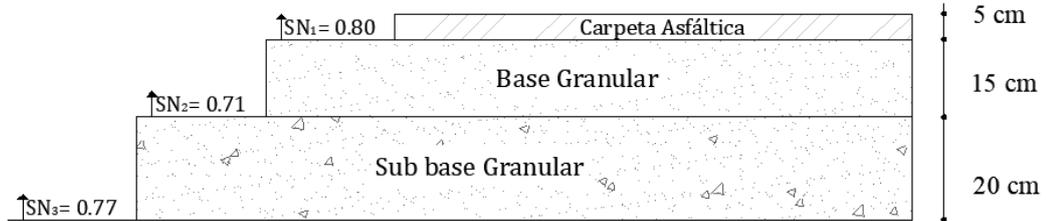


Figura 65 Espesores de las capas del pavimento diseñado CBR laboratorio y W18 determinado.

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Según el diseño propuesto se alcanza un número estructural de 2.27, que satisface el SN requerido:

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 \geq SN$$

$$2.27 > 2.15$$

SN Cumple

3.1.7.5 Aplicación de las correlaciones para diseño de pavimento flexible

Para determinar el valor de CBR mediante las ecuaciones generadas por las correlaciones, se utilizaron los siguientes datos correspondientes al pozo 12:

$$DN = 41.76 \text{ mm/golpe}$$

$$W_{nat} = 26.73\%$$

$$\gamma_d \text{ máx} = 1.494 \text{ gr/cm}^3$$

$$LL = 32.29\%$$

$$LP = 28.93\%$$

$$W_{opt} = 21.00\%$$

$$\gamma_d \text{ in-situ} = 1.007 \text{ gr/cm}^3$$

Figura 56.- $CBR = -0.0444(DN)^2 + 1.851(DN) + 27.7 \rightarrow 27.58\%$

Figura 57.- $CBR = -0.0382(W_{nat})^2 + 1.1002(W_{nat}) + 36.584 \rightarrow 38.70\%$

Figura 58.- $CBR = 23.731(\gamma d_{\text{máx}})^2 + 13.854(\gamma d_{\text{máx}}) - 50.273 \rightarrow 23.39\%$

Figura 59.- $CBR = 5.4645 + e^{0.1159LP} + e^{-0.1867LL} \rightarrow 34.06\%$

Figura 60.- $CBR = -200.7107 + 123.9651(\gamma d_{\text{máx}}) + 1.9553(W_{\text{ópt}}) \rightarrow 25.55\%$

CBR_{lab} = 24%

Se realiza un promedio entre las correlaciones realizadas con respecto al CBR%, incluyendo el valor obtenido en el laboratorio.

$$CBR = \frac{(27.58 + 38.70 + 23.39 + 34.06 + 25.55 + 24)\%}{6}$$

$$CBR = 28.88\% \rightarrow 29\%$$

Se diseña el pavimento para el valor de CBR determinado por las correlaciones.

- **Módulo de resiliencia “Mr”**

Se utilizará el CBR obtenido mediante las correlaciones realizadas con un valor de 29.00% perteneciente al pozo 12.

$$Mr \text{ (PSI)} = 4326 * \ln \text{ (CBR)} + 241$$

$$Mr \text{ (PSI)} = 4326 * \ln \text{ (29)} + 241$$

$$Mr \text{ (PSI)} = 14807.92$$

Tabla 60 Cuadro resumen para cálculo de "SN", CBR 29%

DATOS OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE "SN"	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2041	396 vehículos
Período de diseño	20 años

Ejes equivalentes	327290
Clasificación de la vía	Colectora clase III
Serviciabilidad inicial	4.2
Serviciabilidad final	2
CBR de la subrasante	29%
Confiabilidad	85%
Desviación estándar (Zr)	-1.037
Desviación global (So)	0.45
Módulo de resiliencia de subrasante Mr.(PSI)	14807.92
Módulo de resiliencia de carpeta asfáltica (PSI)	375000
Módulo de resiliencia de capa base (PSI)	28000
Módulo de resiliencia de capa subbase (PSI)	14800
Coefficiente estructural a1	0.405
Coefficiente estructural a2	0.133
Coefficiente estructural a3	0.108
Coefficiente de drenaje m2 y m3	0.9

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Figura 66 Software diseño de pavimento flexible, CBR 29%

Fuente: AASHTO 93

Tabla 61 Diseño de pavimento flexible, CBR 29%

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
PROYECTO	: Proyecto de Titulación	TRAMO	: Vía Atillo-La Matriz
SECCION	: km a km	FECHA	: Mayo 2021
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)			327.290
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)			14.81
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)			0.900
Subbase (m ₃)			0.900
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	2.11		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})	1.64		
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	0.47		
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})	0.01		
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	10.3 cm	5.0 cm	0.80
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	9.9 cm	15.0 cm	0.71
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	0.2 cm	20.0 cm	0.77
ESPESOR TOTAL (cm)		40.0 cm	2.27
DISEÑADO POR	: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa		<i>fm</i>

Fuente: AASHTO 93

Los espesores propuestos para las capas del pavimento flexible para una subrasante con el CBR obtenido mediante correlaciones de 29% son:

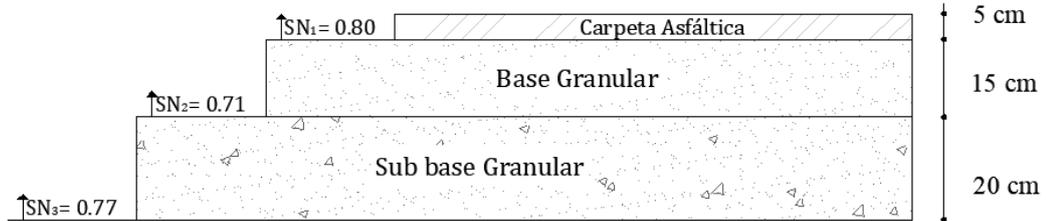


Figura 67 Espesores de las capas del pavimento diseñado CBR correlaciones y W18 determinado.

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Según el diseño propuesto se alcanza un número estructural de 2.27, que satisface el SN requerido:

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 \geq SN$$

$$2.27 > 2.11$$

SN Cumple

Tabla 62 Resumen diseño de pavimento W18 determinado

	W18 determinado	
	lab. 24%	corr. 29%
CBR		
TPDA	396	396
W18	327290	327290
Mr	13989.26	14807.92
SN requerido	2.15	2.11
Asfalto (cm)	5	5
Base (cm)	15	15
Sub-base (cm)	20	20
SN obtenido	2.27	2.27

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

- Diseño de pavimento flexible, utilizando W18 impuesto.

Período de diseño = 30 años, TPDAf = 531, W18 = 531518 CBR = 24%

Tabla 63 Cuadro resumen para cálculo de "SN", W18 impuesto, CBR 24%

DATOS OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE "SN"	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2051	531 vehículos
Período de diseño	30 años
Ejes equivalentes	531518
Clasificación de la vía	Colectora clase III
Serviciabilidad inicial	4.2
Serviciabilidad final	2
CBR de la subrasante	24%
Confiabilidad	85%
Desviación estándar (Zr)	-1.037
Desviación global (So)	0.45
Módulo de resiliencia de subrasante Mr.(PSI)	13989.26
Módulo de resiliencia de carpeta asfáltica (PSI)	375000
Módulo de resiliencia de capa base (PSI)	28000
Módulo de resiliencia de capa subbase (PSI)	14800
Coefficiente estructural a1	0.405
Coefficiente estructural a2	0.133
Coefficiente estructural a3	0.108
Coefficiente de drenaje m2 y m3	0.9

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Figura 68 Software diseño de pavimento flexible, W18 impuesto, CBR 24%

Fuente: AASHTO 93

Tabla 64 Diseño de pavimento flexible, W18 impuesto, CBR 24%

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
PROYECTO	: Proyecto de Titulación	TRAMO	: Vía Atillo-La Matriz
SECCION	: km a km	FECHA	: Mayo 2021
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)			531,518
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)			13.99
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			30
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)			0.900
Subbase (m ₃)			0.900
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})		2.33	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})		1.79	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})		0.50	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})		0.05	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	11.2 cm	5.0 cm	0.80
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	10.5 cm	20.0 cm	0.94
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	1.2 cm	15.0 cm	0.57
ESPESOR TOTAL (cm)		40.0 cm	2.31
DISEÑADO POR	: <i>Olga Estefania Peralvo Quinaluisa</i>		<i>fm</i>

Fuente: AASHTO 93

Los espesores propuestos para las capas del pavimento flexible para una subrasante con el CBR obtenido en laboratorio de 24% son:

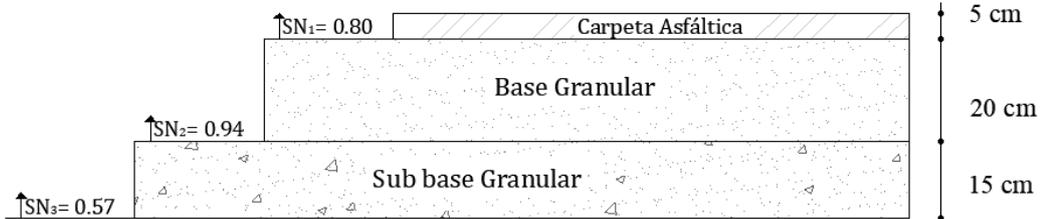


Figura 69 Espesores de las capas del pavimento diseñado CBR laboratorio y W18 impuesto.

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Según el diseño propuesto se alcanza un número estructural de 2.31, sin embargo, al realizar recapeos para evitar el deterioro del pavimento, se incrementará la capa asfáltica y alcanzará al SN requerido para el tiempo de diseño analizado.

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 \geq SN$$

$$2.31 < 2.33$$

SN No Cumple

Período de diseño = 30 años, TPDA_f = 531, W18 = 531518 CBR = 29%

Tabla 65 Cuadro resumen para cálculo de "SN", W18 impuesto, CBR 29%

DATOS OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE "SN"	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2051	531 vehículos
Período de diseño	30 años
Ejes equivalentes	531518
Clasificación de la vía	Colectora clase III
Serviciabilidad inicial	4.2
Serviciabilidad final	2
CBR de la subrasante	29%
Confiabilidad	85%
Desviación estándar (Zr)	-1.037
Desviación global (So)	0.45
Módulo de resiliencia de subrasante Mr.(PSI)	14807.92

Módulo de resiliencia de carpeta asfáltica (PSI)	375000
Módulo de resiliencia de capa base (PSI)	28000
Módulo de resiliencia de capa subbase (PSI)	14800
Coefficiente estructural a1	0.405
Coefficiente estructural a2	0.133
Coefficiente estructural a3	0.108
Coefficiente de drenaje m2 y m3	0.9

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Figura 70 Software diseño de pavimento flexible, W18 impuesto, CBR 29%

Fuente: AASHTO 93

Tabla 66 Diseño de pavimento flexible, W18 impuesto, CBR 29%

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
PROYECTO	: Proyecto de Titulación	TRAMO	: Vía Atillo-La Matriz
SECCION	: km a km	FECHA	: Mayo 2021
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)			531,518
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)			14.81
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			30
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)			0.900
Subbase (m ₃)			0.900
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})		2.28	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})		1.79	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})		0.50	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})		0.00	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	11.2 cm	5.0 cm	0.80
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	10.5 cm	20.0 cm	0.94
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	0.0 cm	15.0 cm	0.57
ESPESOR TOTAL (cm)		40.0 cm	2.31
DISEÑADO POR	: <i>Olga Estefania Peralvo Quinaluisa</i>		<i>fm</i>

Fuente: AASHTO 93

Los espesores propuestos para las capas del pavimento flexible para una subrasante con el CBR obtenido por correlaciones de 29% son:

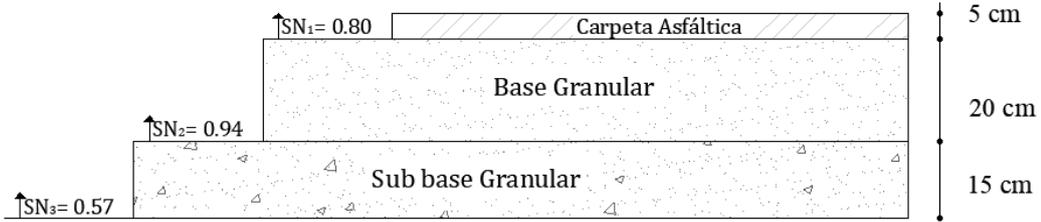


Figura 71 Espesores de las capas del pavimento diseñado CBR correlaciones y W18 impuesto.

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Según el diseño propuesto se alcanza un número estructural de 2.31, que satisface el SN requerido:

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 \geq SN$$

$$2.31 > 2.28$$

SN Cumple

- **Resumen de diseño de los pavimentos flexibles**

Tabla 67 Cuadro resumen diseño de pavimento flexible

	W18 determinado		W18 impuesto	
	lab. 24%	corr. 29%	lab. 24%	corr. 29%
CBR				
TPDA	396	396	531	531
W18	327290	327290	531518	531518
Mr	13989.26	14807.92	13989.26	14807.92
SN	2.15	2.11	2.33	2.28
Asfalto (cm)	5	5	5	5
Base (cm)	15	15	20	20
Sub-base (cm)	20	20	15	15
SN obtenido	2.27	2.27	2.31	2.31

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

3.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Después de haber finalizado el análisis de la investigación, en base a 25 correlaciones propuestas, las mismas que tienen un coeficiente de correlación R^2 que varía entre 51% y 95%.

Ha: Hipótesis Alternativa

Ha: Se logrará obtener varias correlaciones entre CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en los suelos de las parroquias Pinguilí y La Matriz, del cantón Mocha, provincia de Tungurahua, con un coeficiente de determinación mayor a 50%.

Ho: Hipótesis Nula

Ho: No se logrará obtener varias correlaciones entre CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en los suelos de las parroquias Pinguilí y La Matriz, del cantón Mocha, provincia de Tungurahua, con un coeficiente de determinación mayor a 50%.

Se concluye que la hipótesis nula es falsa, y se acepta la hipótesis alternativa.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Se realizaron los ensayos de laboratorio propuestos y se determinaron los siguientes resultados de las propiedades índice del suelo: la densidad húmeda con un rango de 1.280 gr/cm³ y 1.750 gr/cm³, la densidad seca va de 0.930 gr/cm³ a 1.570 gr/cm³, una relación de vacíos de 0.69 a 1.87, la mayoría de muestras contienen una humedad natural con un rango de 8% a 27.22%, y en el ensayo de gravedad específica en su mayoría se obtuvieron valores desde 2.50 a 2.64, con respecto a los resultados obtenidos se establece que el cantón Mocha está compuesto principalmente por suelos friccionantes.
- Se determinó un índice plástico promedio de 1.83, considerando que todas las muestras analizadas tienen un IP menor a 7, lo que significa que son suelos de baja plasticidad. Por otro lado, se obtuvo el índice de liquidez promedio de 0.33, siete muestras tienen IL negativo, lo que significa que el suelo se encuentra en estado semisólido y tiene alta resistencia al corte, las muestras restantes, tienen un IL mayor a 1, lo que indica que el suelo se encuentra en estado líquido y no tiene resistencia al corte.
- Se obtuvieron densidades óptimas que oscilan entre 1.342 gr/cm³ y 2.143 gr/cm³, utilizando el ensayo de Proctor Modificado con humedades que van de 9% a 22%, consideradas bajas y son características de suelos friccionantes, con estos datos se realizó el ensayo de CBR, obteniendo un promedio de 42%, indicador de que el suelo es óptimo para ser utilizado como subrasante.
- Se realizó el ensayo del Cono Penetrómetro Dinámico con el que se obtuvo un intervalo de 8 mm/ golpe a 51 mm/ golpe, dando un índice de penetración

promedio de 23 mm/golpe, considerando alta resistencia del suelo a la penetración.

- Se obtuvieron 25 correlaciones con coeficientes de determinación aceptables que varían entre 51% y 95%, veinte y un correlaciones tienen un R^2 mayor al 75%, considerando que en cada gráfica las variables analizadas se ajustaron a distintos tipos de ecuaciones, en su mayoría son de tipo polinómicas.
- Se diseñó el pavimento para una vía sin nombre, en el sector de la Hacienda Atillo, con un CBR de 24% determinado en el laboratorio y también con un CBR de 29% determinado mediante correlaciones, dando como resultado los mismos espesores para las capas que se requieren en el pavimento en ambos casos, por lo que es favorable utilizar las correlaciones.
- Se analizó el diseño de pavimento para un período de diseño mayor al requerido, considerando el tráfico futuro y el número de cargas de ejes equivalentes mayores con respecto al pavimento que se requiere en el diseño real, a pesar de mantener un espesor total de 40 centímetros en ambos casos, los espesores independientes de cada capa influyen en el número estructural que se obtiene, en el diseño real se considera la base de 20 cm y la sub base de 15 cm alcanzando un SN de 2.27; con respecto al pavimento propuesto para un período de diseño mayor se considera la base de 15 centímetros y la sub base de 20 cm, alcanzando un SN de 2.31.
- En el ensayo de granulometría, se obtuvieron los siguientes promedios de porcentajes según su contenido: 7.56% para contenido de finos, 91.48% para contenido de arena y 0.96% para grava, al estar compuesto principalmente por suelos finos arenosos, el suelo tiene mayor capacidad de absorción.
- Según la clasificación AASHTO, se determinó que la mayor parte de muestras analizadas corresponden al grupo A-2-4, correspondiente a grava y arenas limosas y arcillosas; solo tres muestras pertenecen al grupo A-3, que son arenas

finas, no plásticas, considerados como suelos con un comportamiento de bueno a excelente como subrasante, su zonificación se observa en la figura N° 35.

- Según la clasificación SUCS, se determinó que la mayoría de muestras pertenecen al grupo SP-ML, que corresponde a arenas mal graduadas, con limos orgánicos y arenas muy finas, de baja plasticidad, cuya zonificación se puede observar en la figura N°34.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los estudiantes y profesionales de Ingeniería Civil, basarse en la normativa vigente para realizar los ensayos de campo y laboratorio, ya que al obtener los datos con la mayor precisión posible, se alcanzarán coeficientes de determinación mayores en las correlaciones.
- Se recomienda realizar las calicatas en puntos donde no exista aparentes rellenos ni material orgánico, a una profundidad donde se haya retirado por completo la capa vegetal, y se obtengan muestras de suelo aptas para ser utilizadas como subrasante.
- Se recomienda utilizar equipos de alta precisión, es necesario ser muy cuidadoso con los decimales, ya que son ensayos muy sensibles y si se utilizan equipos de baja precisión, los resultados arrojados estarán muy lejos de las respuestas reales.
- Se recomienda a los futuros tesisistas analizar correctamente el tema de tesis, principalmente por motivo de la pandemia mundial que se atraviesa, ya que no existe la disponibilidad requerida para realizar los ensayos, tanto en campo como en laboratorio.

- Se recomienda utilizar las correlaciones propuestas en suelos que tengan las propiedades parecidas a las determinadas en este proyecto de titulación.
- Se recomienda considerar las variables que se ajusten de mejor manera para la realización de las correlaciones, considerando las doce muestras analizadas, como máximo es posible dejar de lado dos variables, permitiendo obtener un coeficiente de determinación más aceptable.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] T.Datta and B.C.Chottopadhyay, “Correlation Between Cbr and Index Properties of Soil,” Proc. Indian Geotech. Conf., vol. 889, no. 1, pp. 17–19, 2011.
- [2] A. Llanos and S. Reyes, “Estudio Comparativo de los Ensayos California Bearing Ratio (CBR) de Laboratorio y Penetración Dinámica de Cono (PDC) en la Localidad de PICSI,” Universidad Señor de Sipan, 2017.
- [3] P. Gordillo and S. Navas, “Análisis de la aplicación de la norma ASTM D 6951-03 para estimar el índice CBR en un suelo de la ciudad de Cuenca,” p. 66, 2018.
- [4] M. T. Baquero, “Water saving and reuse in the building in the city of Cuenca, Ecuador,” *Estoa*, vol. 2, no. 3, pp. 71–81, 2016, doi: 10.18537/est.v002.n003.06.
- [5] F. Portilla and A. Pillajo, “DETERMINACIÓN DEL CBR DE LABORATORIO EN SUELOS GRANULARES Y SU CORRELACIÓN CON EL DCP PARA LA APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CAMINOS VECINALES,” PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, 2001.
- [6] J. Ramirez and I. Melo, “ESTUDIO DE CORRELACIÓN ENTRE EL MÓDULO RESILIENTE Y EL ENSAYO DE CBR PARA SUELO REPRESENTATIVO DE LA MESETA DE BUCARAMANGA,” Universidad Industrial de Santander, 2018.
- [7] G. Duque Escobar, “MANUAL DE GEOLOGÍA PARA INGENIEROS.” Universidad Nacional de Colombia, pp. 78–88, 2003, [Online]. Available: <http://bdigital.unal.edu.co/53252/97/clasificaciondesuelos.pdf>.
- [8] G. Duque and C. E. Escobar, MECÁNICA DE LOS SUELOS. Manizales, Colombia, 2002.
- [9] C. Crespo Villalaz, MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES, 5ta

Edició. México, 2004.

- [10] J. Bowles, MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS EN INGENIERIA CIVIL, 1er ed., vol. 465, no. 0. México D.C.: McGRAW-HILL BOOK DE MÉXICO S.A., 1981.
- [11] H. Coral Moncayo, “FUNDAMENTOS DE MECÁNICA DE SUELOS,” Cali-Colombia, 2017.
- [12] E. Juárez Badillo and A. Rico Rodríguez, MECÁNICA DE SUELOS, Fundamentos de la mecánica de suelos. México D.C.: LIMUSA. SA, 2005.
- [13] M. Das Braja, FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA, Cuarta Edi., no. 1. México D.C., 2013.
- [14] WSDOT, “WSDOT Materials Manual,” Washington.
- [15] L. Pérez Maldonado, “MECÁNICA DE SUELOS I,” Ambato.
- [16] S. O. Herrera, “Determinación ensayo capacidad de soporte del suelo (CBR).”
- [17] C. Pérez Droget, MANUAL DE ENSAYO DE SUELOS Y MATERIALES, vol. 53, no. 9. Bolivia, 2008.
- [18] W. Botía, “MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS DE SUELOS Y MEMORIA DE CÁLCULO,” Universidad Militar Nueva Granada, 2015.
- [19] F. Viscarra Agreda, “El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos,” Univ. Priv. Boliv., p. 16, 2006.
- [20] C. Martínez Bencardino, ESTADÍSTICA Y MUESTREO, Décimo ter. Bogotá, 2012.
- [21] M. R. Spiegel and L. J. Stephen, ESTADÍSTICA, Cuarta Edi., no. 1. México D.C., 2003.
- [22] F. Olivera Bustamante, ESTRUCTURACIÓN DE VÍAS TERRESTRES, Décima Edi. México: Grupo Editorial Patria, 2009.
- [23] D. E. González Morgado, “METODOLOGÍAS DE REPARACIÓN PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES DE MEDIANO Y BAJO TRÁNSITO,”

Universidad Andrés Bello, 2018.

- [24] J. A. Cedeño Cevallos, “PROPUESTA DE METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA A LOS DISEÑOS DE PAVIMENTOS SEGÚN AASHTO 93,” Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2014.
- [25] Diseño de Pavimentos – AASHTO 93, Tercera Ed. La Paz, 2006.
- [26] A. Rico Rodriguez, R. Téllez Gutierrez, and P. Garnica Anguas, “PAVIMENTOS FLEXIBLES, PROBLEMÁTICA, METODOLOGIAS DE DISEÑO Y TENDENCIAS.,” Sanfanidla, México, 1998.
- [27] I. S. Orozo Quinga, “DISEÑO GEOMÉTRICO DE LOS TRAMOS VIALES QUE UNEN LOS SECTORES QUITOCUCHO Y SEGOVIA ALTO ENTRE LAS PARROQUIAS BOLIVAR Y HUAMBALÓ DEL CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DEL TUNGURAHUA,” Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [28] EcuRed Contributors, “DATOS BIBLIOGRAFICOS SOBRE EL CANTÓN MOCHA (ECUADOR),” 2019, 2019. [https://www.ecured.cu/index.php?title=Cantón_Mocha_\(Ecuador\)&oldid=3480842](https://www.ecured.cu/index.php?title=Cantón_Mocha_(Ecuador)&oldid=3480842) (accessed Feb. 15, 2021).
- [29] MTOP, “NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS,” Mtop, vol. 2, p. 475, 2003, [Online]. Available: https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedisec3b1o-de-carretera_2003-ecuador.pdf.

ANEXOS

- A. ENSAYOS
- B. CONTEO VEHICULAR
- C. TABLA DE REFERENCIA

A. ENSAYOS



Tabla 68 Densidad de Campo, muestra 1
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Calle S/N, sector San Pedro	Normas:	AASHTO T 191 2014
Profundidad:	54 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	26-Oct-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	1	Coordenadas:	X= 765326,24 Y= 9847819,38

DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (W_m)			
Peso de la masa del suelo + funda gr.	$W_m + Rec$	1425,00	
Peso de la funda gr.	Rec	3,00	
Peso de la masa del suelo gr.	$W_m = W_m + Rec - Rec$	1422,00	
VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (V_m)			
Peso inicial frasco + cono + arena		4458,00	
Peso final frasco + cono + arena		3078,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		356,00	
Peso arena en la perforación		1024,00	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1582,00	
Volumen de la perforación	V_m	824,67	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		3	4
Peso húmedo + recipiente	$W_m + rec$	77,20	78,30
Peso seco + recipiente	$W_s + rec$	71,40	72,10
Peso recipiente	rec	9,20	9,30
Peso del agua	W_w	5,80	6,20
Peso de los sólidos	W_s	62,20	62,80
Contenido de humedad	w%	9,32	9,87
Contenido de humedad promedio	w% prom	9,60	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos (V_v)		16,32	-
Volumen del aire (V_a)	Peso del aire (W_a)	10,12	-
Volumen del agua (V_w)	Peso de agua (W_w)	6,20	6,20
Volumen del suelo (V_s)	Peso del suelo (W_s)	23,70	62,80
Volumen de la masa (V_m)	Peso de la masa (W_m)	40,02	69,00
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (densidad húmeda) (γ_h)		1,724	gr/cm ³
Densidad seca (γ_d)		1,573	gr/cm ³
Contenido de humedad	w%	9,60	%
Relación de vacíos	$e = V_v / V_s$	0,69	natural
Porosidad	$n\% = V_v / V_m * 100$	40,78	%
Grado de Saturación de agua	$G_w\% = V_w / V_v * 100$	38,00	%
Grado de Saturación de aire	$G_a\% = V_a / V_v * 100$	62,00	%

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 69 Densidad de Campo, muestra 2



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



Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Calle S/N, sector San Pedro	Normas:	AASHTO T 191 2014
Profundidad:	60 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	26-Oct-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	2	Coordenadas:	X= 765214,47 Y= 9847271,32

DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr.	Wm+Rec	1023,00	
Peso de la funda gr.	Rec	3,00	
Peso de la masa del suelo gr.	Wm = Wm+Rec-Rec	1020,00	
VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		4655,00	
Peso final frasco + cono + arena		2702,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		356,00	
Peso arena en la perforación		1597,00	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1582,00	
Volumen de la perforación	Vm	785,40	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		9	10
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	81,20	80,10
Peso seco + recipiente	Ws+rec	72,40	72,80
Peso recipiente	rec	9,20	9,10
Peso del agua	Ww	8,80	7,30
Peso de los sólidos	Ws	63,20	63,70
Contenido de humedad	w%	13,92	11,46
Contenido de humedad promedio	w% prom	12,69	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos (Vv)		30,63	-
Volumen del aire (Va)	Peso del aire (Wa)	23,33	-
Volumen del agua (Vw)	Peso de agua (Ww)	7,30	7,30
Volumen del suelo (Vs)	Peso del suelo (Ws)	24,04	63,70
Volumen de la masa (Vm)	Peso de la masa (Wm)	54,67	71,00
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (densidad húmeda) (γ_h)		1,299	gr/cm ³
Densidad seca (γ_d)		1,152	gr/cm ³
Contenido de humedad	w%	12,69	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	1,27	natural
Porosidad	n% = Vv/Vm*100	56,03	%
Grado de Saturación de agua	Gw% = Vw/Vv*100	23,83	%
Grado de Saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	76,17	%

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 70 Densidad de Campo, muestra 3



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



Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía Pinguilí	Normas:	AASHTO T 191 2014
Profundidad:	63 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	26-Oct-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	3	Coordenadas:	X= 764835,02 Y= 9845550,33

DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr.	Wm+Rec	1167,00	
Peso de la funda gr.	Rec	1,00	
Peso de la masa del suelo gr.	Wm = Wm+Rec-Rec	1166,00	
VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		4417,00	
Peso final frasco + cono + arena		2898,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		356,00	
Peso arena en la perforación		1163,00	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1582,00	
Volumen de la perforación	Vm	816,81	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		11	12
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	61,70	60,90
Peso seco + recipiente	Ws+rec	54,90	54,30
Peso recipiente	rec	9,70	10,10
Peso del agua	Ww	6,80	6,60
Peso de los sólidos	Ws	45,20	44,20
Contenido de humedad	w%	15,04	14,93
Contenido de humedad promedio	w% prom	14,99	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos (Vv)		18,91	-
Volumen del aire (Va)	Peso del aire (Wa)	12,31	-
Volumen del agua (Vw)	Peso de agua (Ww)	6,60	6,60
Volumen del suelo (Vs)	Peso del suelo (Ws)	16,68	44,20
Volumen de la masa (Vm)	Peso de la masa (Wm)	35,59	50,80
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (densidad húmeda) (γh)		1,427	gr/cm3
Densidad seca (γd)		1,241	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	14,99	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	1,13	natural
Porosidad	n% = Vv/Vm*100	53,13	%
Grado de Saturación de agua	Gw% = Vw/Vv*100	34,91	%
Grado de Saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	65,09	%

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 71 Densidad de Campo, muestra 4



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



Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía Pinguilí	Normas:	AASHTO T 191 2014
Profundidad:	62 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	26-Oct-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	4	Coordenadas:	X= 764062,35 Y= 9845219,09

DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr.	Wm+Rec	1146,00	
Peso de la funda gr.	Rec	3,00	
Peso de la masa del suelo gr.	Wm = Wm+Rec-Rec	1143,00	
VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		4345,00	
Peso final frasco + cono + arena		2804,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		356,00	
Peso arena en la perforación		1185,00	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1582,00	
Volumen de la perforación	Vm	816,81	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		7	8
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	83,40	82,80
Peso seco + recipiente	Ws+rec	78,10	77,00
Peso recipiente	rec	8,70	9,30
Peso del agua	Ww	5,30	5,80
Peso de los sólidos	Ws	69,40	67,70
Contenido de humedad	w%	7,64	8,57
Contenido de humedad promedio	w% prom	8,10	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos (Vv)		26,98	-
Volumen del aire (Va)	Peso del aire (Wa)	21,18	-
Volumen del agua (Vw)	Peso de agua (Ww)	5,80	5,80
Volumen del suelo (Vs)	Peso del suelo (Ws)	25,55	67,70
Volumen de la masa (Vm)	Peso de la masa (Wm)	52,52	73,50
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (densidad húmeda) (γh)		1,399	gr/cm3
Densidad seca	(γd)	1,294	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	8,10	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	1,06	natural
Porosidad	n% = Vv/Vm*100	51,36	%
Grado de Saturación de agua	Gw% = Vw/Vv*100	21,50	%
Grado de Saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	78,50	%

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 72 Densidad de Campo, muestra 5



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	Normas:	AASHTO T 191 2014
Profundidad:	65 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	26-Oct-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	5	Coordenadas:	X= 763649,56 Y= 9849055,37

DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr.	Wm+Rec	1282,00	
Peso de la funda gr.	Rec	3,00	
Peso de la masa del suelo gr.	Wm = Wm+Rec-Rec	1279,00	
VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		4331,00	
Peso final frasco + cono + arena		2702,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		356,00	
Peso arena en la perforación		1273,00	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1582,00	
Volumen de la perforación	Vm	801,11	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		1	2
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	72,10	70,40
Peso seco + recipiente	Ws+rec	65,40	64,30
Peso recipiente	rec	9,80	10,20
Peso del agua	Ww	6,70	6,10
Peso de los sólidos	Ws	55,60	54,10
Contenido de humedad	w%	12,05	11,28
Contenido de humedad promedio	w% prom	11,66	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos (Vv)		17,29	-
Volumen del aire (Va)	Peso del aire (Wa)	11,19	-
Volumen del agua (Vw)	Peso de agua (Ww)	6,10	6,10
Volumen del suelo (Vs)	Peso del suelo (Ws)	20,42	54,10
Volumen de la masa (Vm)	Peso de la masa (Wm)	37,71	60,20
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (densidad húmeda) (γh)		1,597	gr/cm3
Densidad seca (γd)		1,430	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	11,66	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0,85	natural
Porosidad	n% = Vv/Vm*100	45,86	%
Grado de Saturación de agua	Gw% = Vw/Vv*100	35,28	%
Grado de Saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	64,72	%

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 73 Densidad de Campo, muestra 6



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	Normas:	AASHTO T 191 2014
Profundidad:	68 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	26-Oct-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	6	Coordenadas:	X= 763276,53 Y= 9848601,9

DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr.	Wm+Rec	1310,00	
Peso de la funda gr.	Rec	3,00	
Peso de la masa del suelo gr.	Wm = Wm+Rec-Rec	1307,00	
VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		4210,00	
Peso final frasco + cono + arena		2572,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		356,00	
Peso arena en la perforación		1282,00	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1582,00	
Volumen de la perforación	Vm	808,96	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		5	6
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	80,70	79,80
Peso seco + recipiente	Ws+rec	71,20	69,70
Peso recipiente	rec	9,80	8,77
Peso del agua	Ww	9,50	10,10
Peso de los sólidos	Ws	61,40	60,93
Contenido de humedad	w%	15,47	16,58
Contenido de humedad promedio	w% prom	16,02	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos (Vv)		20,97	-
Volumen del aire (Va)	Peso del aire (Wa)	10,87	-
Volumen del agua (Vw)	Peso de agua (Ww)	10,10	10,10
Volumen del suelo (Vs)	Peso del suelo (Ws)	22,99	60,93
Volumen de la masa (Vm)	Peso de la masa (Wm)	43,96	71,03
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (densidad húmeda) (γh)		1,616	gr/cm3
Densidad seca (γd)		1,393	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	16,02	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0,91	natural
Porosidad	n% = Vv/Vm*100	47,70	%
Grado de Saturación de agua	Gw% = Vw/Vv*100	48,16	%
Grado de Saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	51,84	%

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 74 Densidad de Campo, muestra 7



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Juan León Mera, sector Mocha	Normas:	AASHTO T 191 2014
Profundidad:	66 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	27-Oct-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	7	Coordenadas:	X= 760256,48 Y= 9844242,46

DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr.	Wm+Rec	1242,00	
Peso de la funda gr.	Rec	3,00	
Peso de la masa del suelo gr.	Wm = Wm+Rec-Rec	1239,00	
VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		4436,00	
Peso final frasco + cono + arena		3042,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		356,00	
Peso arena en la perforación		1038,00	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1582,00	
Volumen de la perforación	Vm	706,86	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		21	22
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	82,80	90,70
Peso seco + recipiente	Ws+rec	72,10	77,70
Peso recipiente	rec	9,20	8,40
Peso del agua	Ww	10,70	13,00
Peso de los sólidos	Ws	62,90	69,30
Contenido de humedad	w%	17,01	18,76
Contenido de humedad promedio	w% prom	17,89	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos (Vv)		20,80	-
Volumen del aire (Va)	Peso del aire (Wa)	7,80	-
Volumen del agua (Vw)	Peso de agua (Ww)	13,00	13,00
Volumen del suelo (Vs)	Peso del suelo (Ws)	26,15	69,30
Volumen de la masa (Vm)	Peso de la masa (Wm)	46,95	82,30
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (densidad húmeda) (γh)		1,753	gr/cm3
Densidad seca	(γd)	1,487	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	17,89	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0,80	natural
Porosidad	n% = Vv/Vm*100	44,30	%
Grado de Saturación de agua	Gw% = Vw/Vv*100	62,49	%
Grado de Saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	37,51	%

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 75 Densidad de Campo, muestra 8



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Juan León Mera, sector Mocha	Normas:	AASHTO T 191 2014
Profundidad:	62 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	27-Oct-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	8	Coordenadas:	X= 760260 Y= 9843418

DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr.	Wm+Rec	1059,00	
Peso de la funda gr.	Rec	3,00	
Peso de la masa del suelo gr.	Wm = Wm+Rec-Rec	1056,00	
VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		4259,00	
Peso final frasco + cono + arena		2892,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		356,00	
Peso arena en la perforación		1011,00	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1582,00	
Volumen de la perforación	Vm	816,81	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		23	24
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	83,70	95,70
Peso seco + recipiente	Ws+rec	61,40	86,40
Peso recipiente	rec	8,70	9,70
Peso del agua	Ww	22,30	9,30
Peso de los sólidos	Ws	52,70	76,70
Contenido de humedad	w%	42,31	12,13
Contenido de humedad promedio	w% prom	27,22	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos (Vv)		37,58	-
Volumen del aire (Va)	Peso del aire (Wa)	28,28	-
Volumen del agua (Vw)	Peso de agua (Ww)	9,30	9,30
Volumen del suelo (Vs)	Peso del suelo (Ws)	28,94	76,70
Volumen de la masa (Vm)	Peso de la masa (Wm)	66,52	86,00
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (densidad húmeda) (γh)		1,293	gr/cm ³
Densidad seca (γd)		1,016	gr/cm ³
Contenido de humedad	w%	27,22	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	1,30	natural
Porosidad	n% = Vv/Vm*100	56,49	%
Grado de Saturación de agua	Gw% = Vw/Vv*100	24,75	%
Grado de Saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	75,25	%

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 76 Densidad de Campo, muestra 9



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Principal, sector Chilcapamba	Normas:	AASHTO T 191 2014
Profundidad:	65 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	27-Oct-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	9	Coordenadas:	X= 757110,63 Y= 9843992,68

DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr.	Wm+Rec	1080,00	
Peso de la funda gr.	Rec	3,00	
Peso de la masa del suelo gr.	Wm = Wm+Rec-Rec	1077,00	
VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		4306,00	
Peso final frasco + cono + arena		2844,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		356,00	
Peso arena en la perforación		1106,00	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1582,00	
Volumen de la perforación	Vm	801,11	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		17	18
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	77,60	80,90
Peso seco + recipiente	Ws+rec	56,80	58,40
Peso recipiente	rec	9,80	9,20
Peso del agua	Ww	20,80	22,50
Peso de los sólidos	Ws	47,00	49,20
Contenido de humedad	w%	44,26	45,73
Contenido de humedad promedio	w% prom	44,99	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos (Vv)		34,77	-
Volumen del aire (Va)	Peso del aire (Wa)	12,27	-
Volumen del agua (Vw)	Peso de agua (Ww)	22,50	22,50
Volumen del suelo (Vs)	Peso del suelo (Ws)	18,57	49,20
Volumen de la masa (Vm)	Peso de la masa (Wm)	53,33	71,70
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (densidad húmeda) (γh)		1,344	gr/cm3
Densidad seca (γd)		0,927	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	44,99	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	1,87	natural
Porosidad	n% = Vv/Vm*100	65,19	%
Grado de Saturación de agua	Gw% = Vw/Vv*100	64,72	%
Grado de Saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	35,28	%

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 77 Densidad de Campo, muestra 10



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Principal, sector Chilcapamba	Normas:	AASHTO T 191 2014
Profundidad:	80 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	27-Oct-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	10	Coordenadas:	X= 758397,61 Y= 9842982,1

DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr.	Wm+Rec	1053,00	
Peso de la funda gr.	Rec	3,00	
Peso de la masa del suelo gr.	Wm = Wm+Rec-Rec	1050,00	
VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		4259,00	
Peso final frasco + cono + arena		2858,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		356,00	
Peso arena en la perforación		1045,00	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1582,00	
Volumen de la perforación	Vm	785,40	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		19	20
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	80,80	80,50
Peso seco + recipiente	Ws+rec	70,20	69,80
Peso recipiente	rec	9,30	9,80
Peso del agua	Ww	10,60	10,70
Peso de los sólidos	Ws	60,90	60,00
Contenido de humedad	w%	17,41	17,83
Contenido de humedad promedio	w% prom	17,62	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos (Vv)		30,24	-
Volumen del aire (Va)	Peso del aire (Wa)	19,54	-
Volumen del agua (Vw)	Peso de agua (Ww)	10,70	10,70
Volumen del suelo (Vs)	Peso del suelo (Ws)	22,64	60,00
Volumen de la masa (Vm)	Peso de la masa (Wm)	52,88	70,70
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (densidad húmeda) (γh)		1,337	gr/cm3
Densidad seca (γd)		1,137	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	17,62	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	1,34	natural
Porosidad	n% = Vv/Vm*100	57,19	%
Grado de Saturación de agua	Gw% = Vw/Vv*100	35,38	%
Grado de Saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	64,62	%

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 78 Densidad de Campo, muestra 11



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía S/N sector Hacienda Atillo	Normas:	AASHTO T 191 2014
Profundidad:	55 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	27-Oct-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	11	Coordenadas:	X= 757136,19 Y= 9842106,66

DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr.	Wm+Rec	1164,00	
Peso de la funda gr.	Rec	3,00	
Peso de la masa del suelo gr.	Wm = Wm+Rec-Rec	1161,00	
VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		4304,00	
Peso final frasco + cono + arena		2761,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		356,00	
Peso arena en la perforación		1187,00	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1582,00	
Volumen de la perforación	Vm	808,96	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		15	16
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	73,80	78,70
Peso seco + recipiente	Ws+rec	60,30	69,40
Peso recipiente	rec	9,80	10,10
Peso del agua	Ww	13,50	9,30
Peso de los sólidos	Ws	50,50	59,30
Contenido de humedad	w%	26,73	15,68
Contenido de humedad promedio	w% prom	21,21	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos (Vv)		25,42	-
Volumen del aire (Va)	Peso del aire (Wa)	16,12	-
Volumen del agua (Vw)	Peso de agua (Ww)	9,30	9,30
Volumen del suelo (Vs)	Peso del suelo (Ws)	22,38	59,30
Volumen de la masa (Vm)	Peso de la masa (Wm)	47,80	68,60
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (densidad húmeda) (γh)		1,435	gr/cm3
Densidad seca	(γd)	1,184	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	21,21	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	1,14	natural
Porosidad	n% = Vv/Vm*100	53,18	%
Grado de Saturación de agua	Gw% = Vw/Vv*100	36,58	%
Grado de Saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	63,42	%

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 79 Densidad de Campo, muestra 12



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía S/N sector Hacienda Atillo	Normas:	AASHTO T 191 2014
Profundidad:	48 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	27-Oct-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	12	Coordenadas:	X= 757162,09 Y= 9841869,62

DENSIDAD DE CAMPO (CONO Y ARENA)

DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)			
Peso de la masa del suelo + funda gr.	Wm+Rec	1025,00	
Peso de la funda gr.	Rec	3,00	
Peso de la masa del suelo gr.	Wm = Wm+Rec-Rec	1022,00	
VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)			
Peso inicial frasco + cono + arena		4429,00	
Peso final frasco + cono + arena		3107,00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)		356,00	
Peso arena en la perforación		966,00	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración arena)		1582,00	
Volumen de la perforación	Vm	801,11	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente número #		13	14
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	71,80	73,80
Peso seco + recipiente	Ws+rec	59,80	59,10
Peso recipiente	rec	9,80	9,20
Peso del agua	Ww	12,00	14,70
Peso de los sólidos	Ws	50,00	49,90
Contenido de humedad	w%	24,00	29,46
Contenido de humedad promedio	w% prom	26,73	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos (Vv)		31,81	-
Volumen del aire (Va)	Peso del aire (Wa)	17,11	-
Volumen del agua (Vw)	Peso de agua (Ww)	14,70	14,70
Volumen del suelo (Vs)	Peso del suelo (Ws)	18,83	49,90
Volumen de la masa (Vm)	Peso de la masa (Wm)	50,64	64,60
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (densidad húmeda) (γh)		1,276	gr/cm3
Densidad seca (γd)		1,007	gr/cm3
Contenido de humedad	w%	26,73	%
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	1,69	natural
Porosidad	n% = Vv/Vm*100	62,81	%
Grado de Saturación de agua	Gw% = Vw/Vv*100	46,22	%
Grado de Saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	53,78	%

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 80 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 1



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



Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Calle S/N, sector San Pedro	Normas:	AASHTO T 100 2015
Profundidad:	54 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	09-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	1	Coordenadas:	X= 765326,24 Y= 9847819,38

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS

Peso picnómetro + agua	Wbw	658.3	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido	Wbws	688.1	gr
Desplazamiento del agua	$W_s + W_{bw} - W_{bws}$	18.6	gr
Temperatura del agua y suelo en C°		22	C°
Factor de corrección por temperatura K		0.9978	K
Recipiente + peso suelo seco		111.8	gr
Peso recipiente		63.4	gr
Peso del suelo seco	W_s	48.4	gr
Gravedad Específica	$G_s = (W_s \cdot K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2.596	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 81 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 2



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



Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Calle S/N, sector San Pedro	Normas:	AASHTO T 100 2015
Profundidad:	60 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	09-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	2	Coordenadas:	X= 765214,47 Y= 9847271,32

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS

Peso picnómetro + agua	W _{bw}	659.7	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido	W _{bws}	690.8	gr
Desplazamiento del agua	W _s + W _{bw} - W _{bws}	20	gr
Temperatura del agua y suelo en C°		20	C°
Factor de corrección por temperatura K		0.9982	
Recipiente + peso suelo seco		112.7	gr
Peso recipiente		61.6	gr
Peso del suelo seco	W _s	51.1	gr
Gravedad Específica	$G_s = (W_s \cdot K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2.550	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 82 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 3



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



Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía Pinguilí	Normas:	AASHTO T 100 2015
Profundidad:	63 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	09-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	3	Coordenadas:	X= 764835,02 Y= 9845550,33

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS

Peso picnómetro + agua	Wbw	659.7	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido	Wbws	689.4	gr
Desplazamiento del agua	Ws + Wbw - Wbws	19.8	gr
Temperatura del agua y suelo en C°		22	C°
Factor de corrección por temperatura K		0.9978	
Recipiente + peso suelo seco		110.7	gr
Peso recipiente		61.2	gr
Peso del suelo seco	Ws	49.5	gr
Gravedad Específica	$G_s = (W_s \cdot K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2.494	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 83 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 4



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



Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía Pinguilí	Normas:	AASHTO T 100 2015
Profundidad:	62 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	09-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	4	Coordenadas:	X= 764062,35 Y= 9845219,09

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS

Peso picnómetro + agua	W _{bw}	660	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido	W _{bws}	689.8	gr
Desplazamiento del agua	W _s + W _{bw} - W _{bws}	18.9	gr
Temperatura del agua y suelo en C°		20	C°
Factor de corrección por temperatura K		0.9982	
Recipiente + peso suelo seco		112.8	gr
Peso recipiente		64.1	gr
Peso del suelo seco	W _s	48.7	gr
Gravedad Específica	$G_s = (W_s \cdot K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2.572	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 84 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 5



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	Normas:	AASHTO T 100 2015
Profundidad:	65 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	09-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	5	Coordenadas:	X= 763649,56 Y= 9849055,37

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS

Peso picnómetro + agua	Wbw	659.9	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido	Wbws	688.2	gr
Desplazamiento del agua	Ws + Wbw - Wbws	17.8	gr
Temperatura del agua y suelo en C°		22	C°
Factor de corrección por temperatura K		0.9978	
Recipiente + peso suelo seco		109.8	gr
Peso recipiente		63.7	gr
Peso del suelo seco	Ws	46.1	gr
Gravedad Específica	$G_s = (W_s \cdot K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2.584	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 85 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 6



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	Normas:	AASHTO T 100 2015
Profundidad:	68 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	09-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	6	Coordenadas:	X= 763276,53 Y= 9848601,9

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS

Peso picnómetro + agua	Wbw	659.8	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido	Wbws	689.3	gr
Desplazamiento del agua	Ws + Wbw - Wbws	19.5	gr
Temperatura del agua y suelo en C°		20.5	C°
Factor de corrección por temperatura K		0.9981	
Recipiente + peso suelo seco		112.4	gr
Peso recipiente		63.4	gr
Peso del suelo seco	Ws	49	gr
Gravedad Específica	$G_s = (W_s \cdot K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2.508	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 86 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 7



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Juan León Mera, sector Mocha	Normas:	AASHTO T 100 2015
Profundidad:	66 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	09-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	7	Coordenadas:	X= 760256,48 Y= 9844242,46

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS

Peso picnómetro + agua	W _{bw}	659.7	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido	W _{bws}	690.8	gr
Desplazamiento del agua	W _s + W _{bw} - W _{bws}	18.2	gr
Temperatura del agua y suelo en C°		21	C°
Factor de corrección por temperatura K		0.998	
Recipiente + peso suelo seco		102.7	gr
Peso recipiente		53.4	gr
Peso del suelo seco	W _s	49.3	gr
Gravedad Específica	$G_s = (W_s \cdot K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2.703	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 87 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 8



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Juan León Mera, sector Mocha	Normas:	AASHTO T 100 2015
Profundidad:	62 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	09-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	8	Coordenadas:	X= 760260 Y= 9843418

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS

Peso picnómetro + agua	Wbw	660.1	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido	Wbws	690.8	gr
Desplazamiento del agua	Ws + Wbw - Wbws	19	gr
Temperatura del agua y suelo en C°		23	C°
Factor de corrección por temperatura K		0.9976	
Recipiente + peso suelo seco		111.5	gr
Peso recipiente		61.8	gr
Peso del suelo seco	Ws	49.7	gr
Gravedad Específica	$G_s = (W_s \cdot K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2.610	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 88 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 9



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Principal, sector Chilcapamba	Normas:	AASHTO T 100 2015
Profundidad:	65 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	09-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	9	Coordenadas:	X= 757110,63 Y= 9843992,68

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS

Peso picnómetro + agua	Wbw	659.4	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido	Wbws	670.8	gr
Desplazamiento del agua	Ws + Wbw - Wbws	7	gr
Temperatura del agua y suelo en C°		23.5	C°
Factor de corrección por temperatura K		0.99745	
Recipiente + peso suelo seco		85.8	gr
Peso recipiente		67.4	gr
Peso del suelo seco	Ws	18.4	gr
Gravedad Específica	$G_s = (W_s \cdot K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2.622	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 89 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 10



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Principal, sector Chilcapamba	Normas:	AASHTO T 100 2015
Profundidad:	80 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	09-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	10	Coordenadas:	X= 758397,61 Y= 9842982,1

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS

Peso picnómetro + agua	Wbw	660.5	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido	Wbws	689.8	gr
Desplazamiento del agua	$W_s + W_{bw} - W_{bws}$	17.9	gr
Temperatura del agua y suelo en C°		23	C°
Factor de corrección por temperatura K		0.9976	
Recipiente + peso suelo seco		114.8	gr
Peso recipiente		67.6	gr
Peso del suelo seco	W_s	47.2	gr
Gravedad Específica	$G_s = (W_s \cdot K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2.631	gr

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 90 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 11



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía S/N sector Hacienda Atillo	Normas:	AASHTO T 100 2015
Profundidad:	55 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	09-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	11	Coordenadas:	X= 757136,19 Y= 9842106,66

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS

Peso picnómetro + agua	W _{bw}	659.6	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido	W _{bws}	689.3	gr
Desplazamiento del agua	W _s + W _{bw} - W _{bws}	19.5	gr
Temperatura del agua y suelo en C°		24	C°
Factor de corrección por temperatura K		0.9973	
Recipiente + peso suelo seco		123.4	gr
Peso recipiente		74.2	gr
Peso del suelo seco	W _s	49.2	gr
Gravedad Específica	$G_s = (W_s \cdot K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2.516	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 91 Gravedad Específica de Sólidos, muestra 12



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía S/N sector Hacienda Atillo	Normas:	AASHTO T 100 2015
Profundidad:	48 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	09-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	12	Coordenadas:	X= 757162,09 Y= 9841869,62

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS

Peso picnómetro + agua	W _{bw}	659.7	gr
Picnómetro + agua + suelo sumergido	W _{bws}	687.9	gr
Desplazamiento del agua	W _s + W _{bw} - W _{bws}	18.2	gr
Temperatura del agua y suelo en C°		27	C°
Factor de corrección por temperatura K		0.9965	
Recipiente + peso suelo seco		111.4	gr
Peso recipiente		65	gr
Peso del suelo seco	W _s	46.4	gr
Gravedad Específica	$G_s = (W_s \cdot K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2.541	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 92 Granulometría, muestra 1



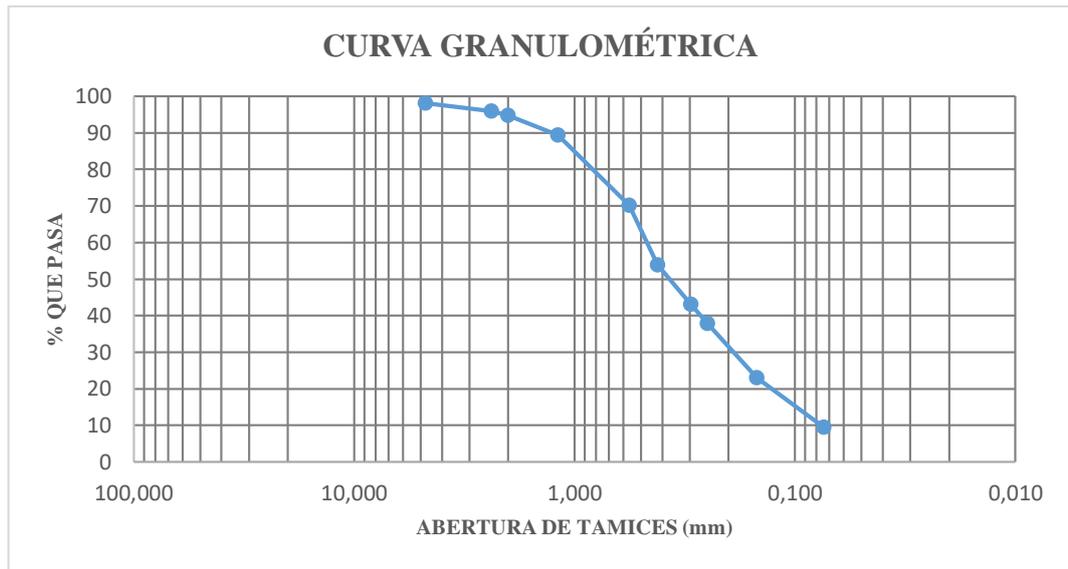
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Calle S/N, sector San Pedro	Normas:	AASHTO T 88 2013
Profundidad:	54 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	21-Oct-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	1	Coordenadas:	X= 765326,24 Y= 9847819,38

GRANULOMETRÍA

# Tamiz	Abertura (mm)	W muestra seca (gr)		250 gr		
		W Retenido	W Retenido Acumulado	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
# 4	4.760	4.50	4.50	1.80	1.80	98.20
# 8	2.380	5.80	10.30	2.32	4.12	95.88
# 10	2.000	2.70	13.00	1.08	5.20	94.80
# 16	1.190	13.50	26.50	5.40	10.60	89.40
# 30	0.565	48.10	74.60	19.24	29.84	70.16
# 40	0.420	40.80	115.40	16.32	46.16	53.84
# 50	0.297	27.00	142.40	10.80	56.96	43.04
# 60	0.250	13.20	155.60	5.28	62.24	37.76
# 100	0.149	37.20	192.80	14.88	77.12	22.88
# 200	0.074	33.70	226.50	13.48	90.60	9.49
FUENTE		23.50	250.00	9.40	100.00	0.00
		250.0				



Diámetro Dimensional (D60)	0.470	Porcentaje	
Diámetro Equiparable (D30)	0.191	Grava	5.20
Diámetro Efectivo (D10)	0.076	Arena	85.31
Coefficiente Curvatura Cc	1.020	Limo	9.49
Coefficiente de Uniformidad Cu	6.181		

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 93 Granulometría, muestra 2



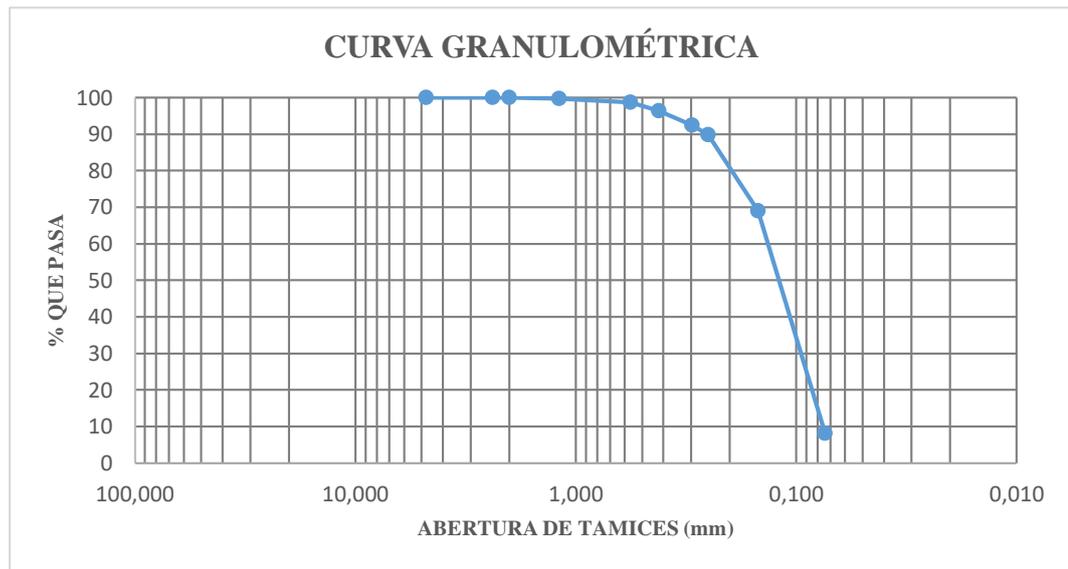
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Calle S/N, sector San Pedro	Normas:	AASHTO T 88 2013
Profundidad:	60 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	21-Oct-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	2	Coordenadas:	X= 765214,47 Y= 9847271,32

GRANULOMETRÍA

# Tamiz	Abertura (mm)	W muestra seca (gr)		250 gr		
		W Retenido	W Retenido Acumulado	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
# 4	4.760	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.380	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
# 10	2.000	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
# 16	1.190	1.10	1.10	0.44	0.44	99.56
# 30	0.565	2.90	4.00	1.16	1.60	98.40
# 40	0.420	6.00	10.00	2.40	4.00	96.00
# 50	0.297	9.70	19.70	3.88	7.88	92.12
# 60	0.250	7.10	26.80	2.84	10.72	89.28
# 100	0.149	52.00	78.80	20.80	31.52	68.48
# 200	0.074	152.60	231.40	61.04	92.56	7.44
FUENTE		18.60	250.00	7.44	100.00	0.00
		250.0				



Diámetro Dimensional (D60)	0.135	Porcentaje	
Diámetro Equiparable (D30)	0.096	Grava	0.00
Diámetro Efectivo (D10)	0.076	Arena	92.56
Coefficiente Curvatura Cc	0.892	Limo	7.44
Coefficiente de Uniformidad Cu	1.774		

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 94 Granulometría, muestra 3



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

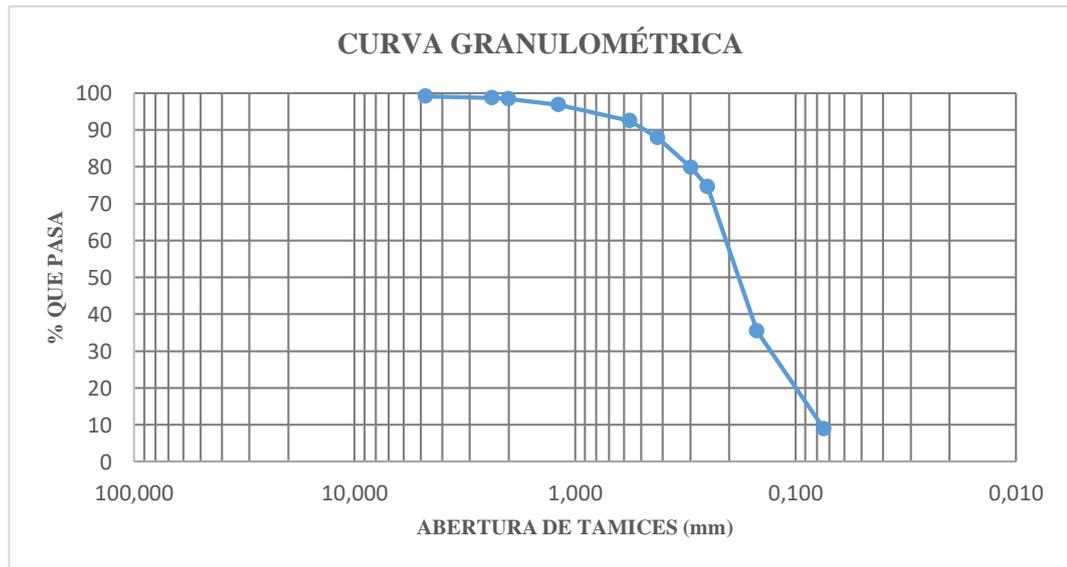


Parroquia: Pinguilí
Vía: Vía Pinguilí
Profundidad: 63 cm
Fecha: 21-Oct-2020
Muestra: 3

Proyecto: Tesis de Grado
Normas: AASHTO T 88 2013
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 764835,02 Y= 9845550,33

GRANULOMETRÍA

# Tamiz	W muestra seca (gr)			250 gr		
	Abertura (mm)	W Retenido	W Retenido Acumulado	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
# 4	4.760	2.40	2.40	0.96	0.96	99.04
# 8	2.380	1.10	3.50	0.44	1.40	98.60
# 10	2.000	0.60	4.10	0.24	1.64	98.36
# 16	1.190	4.10	8.20	1.64	3.28	96.72
# 30	0.565	11.10	19.30	4.44	7.72	92.28
# 40	0.420	11.90	31.20	4.76	12.48	87.52
# 50	0.297	20.20	51.40	8.08	20.56	79.44
# 60	0.250	12.50	63.90	5.00	25.56	74.44
# 100	0.149	97.80	161.70	39.12	64.68	35.32
# 200	0.074	66.70	228.40	26.68	91.36	8.64
FUENTE		21.60	250.00	8.64	100.00	0.00
		250.0				



Diámetro Dimensional (D60)	0.207	Porcentaje	
Diámetro Equiparable (D30)	0.130	Grava	1.64
Diámetro Efectivo (D10)	0.077	Arena	89.72
Coefficiente Curvatura Cc	1.06	Limo	8.64
Coefficiente de Uniformidad Cu	2.69		

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 95 Granulometría, muestra 4



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

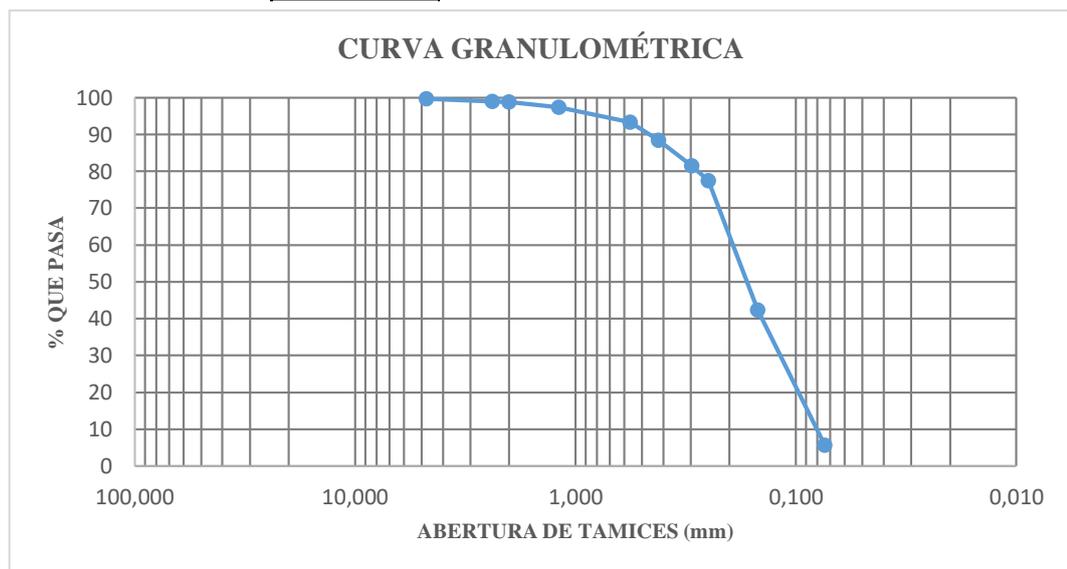


Parroquia: Pingulí
Vía: Vía Pingulí
Profundidad: 62 cm
Fecha: 21-Oct-2020
Muestra: 4

Proyecto: Tesis de Grado
Normas: AASHTO T 88 2013
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 764062,35 Y= 9845219,09

GRANULOMETRÍA

# Tamiz	Abertura (mm)	W muestra seca (gr)		250 gr		
		W Retenido	W Retenido Acumulado	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
# 4	4.760	0.70	0.70	0.28	0.28	99.72
# 8	2.380	1.80	2.50	0.72	1.00	99.00
# 10	2.000	0.50	3.00	0.20	1.20	98.80
# 16	1.190	3.40	6.40	1.36	2.56	97.44
# 30	0.565	10.40	16.80	4.16	6.72	93.28
# 40	0.420	12.30	29.10	4.92	11.64	88.36
# 50	0.297	17.30	46.40	6.92	18.56	81.44
# 60	0.250	9.40	55.80	3.76	22.32	77.68
# 100	0.149	88.40	144.20	35.36	57.68	42.32
# 200	0.074	92.60	236.80	37.04	94.72	5.28
FUENTE		13.20	250.00	5.28	100.00	0.00
		250.0				



Diámetro Dimensional (D60)	0.193	Porcentaje	
Diámetro Equiparable (D30)	0.118	Grava	1.20
Diámetro Efectivo (D10)	0.081	Arena	93.52
Coficiente Curvatura Cc	0.893	Limo	5.28
Coficiente de Uniformidad Cu	2.386		

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 96 Granulometría, muestra 5



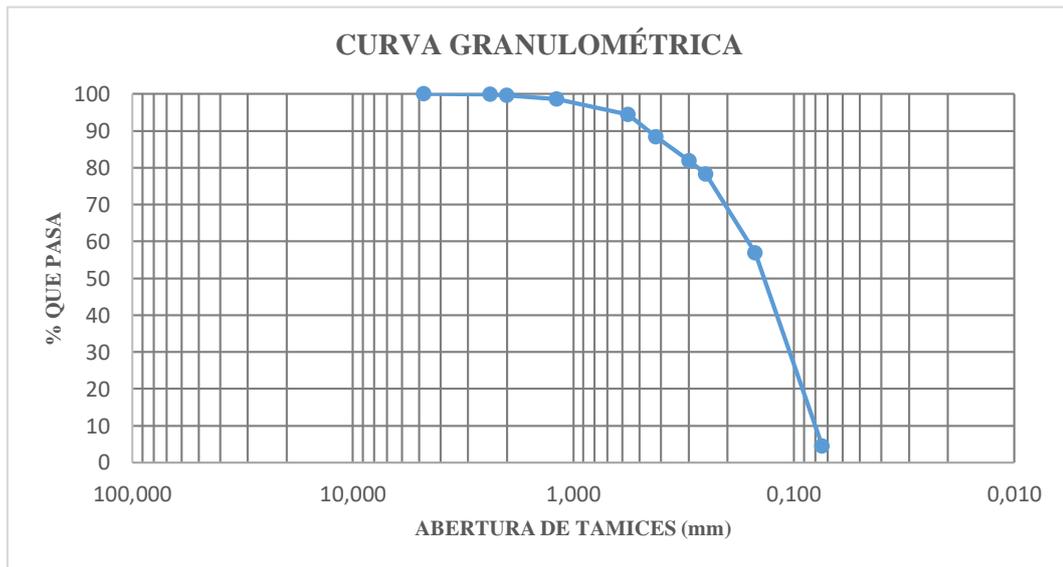
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	Normas:	AASHTO T 88 2013
Profundidad:	65 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	04-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	5	Coordenadas:	X= 763649,56 Y= 9849055,37

GRANULOMETRÍA

# Tamiz	Abertura (mm)	W muestra seca (gr)		250 gr		
		W Retenido	W Retenido Acumulado	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
# 4	4.760	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.380	0.40	0.40	0.16	0.16	99.84
# 10	2.000	0.50	0.90	0.20	0.36	99.64
# 16	1.190	2.60	3.50	1.04	1.40	98.60
# 30	0.565	10.40	13.90	4.16	5.56	94.44
# 40	0.420	15.30	29.20	6.12	11.68	88.32
# 50	0.297	16.10	45.30	6.44	18.12	81.88
# 60	0.250	9.30	54.60	3.72	21.84	78.16
# 100	0.149	53.40	108.00	21.36	43.20	56.80
# 200	0.074	131.20	239.20	52.48	95.68	4.32
FUENTE		10.80	250.00	4.32	100.00	0.00
		250.0				



Diámetro Dimensional (D60)	0.161	Porcentaje	
Diámetro Equiparable (D30)	0.104	Grava	0.36
Diámetro Efectivo (D10)	0.080	Arena	95.32
Coefficiente Curvatura Cc	0.845	Limo	4.32
Coefficiente de Uniformidad Cu	2.017		

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 97 Granulometría, muestra 6



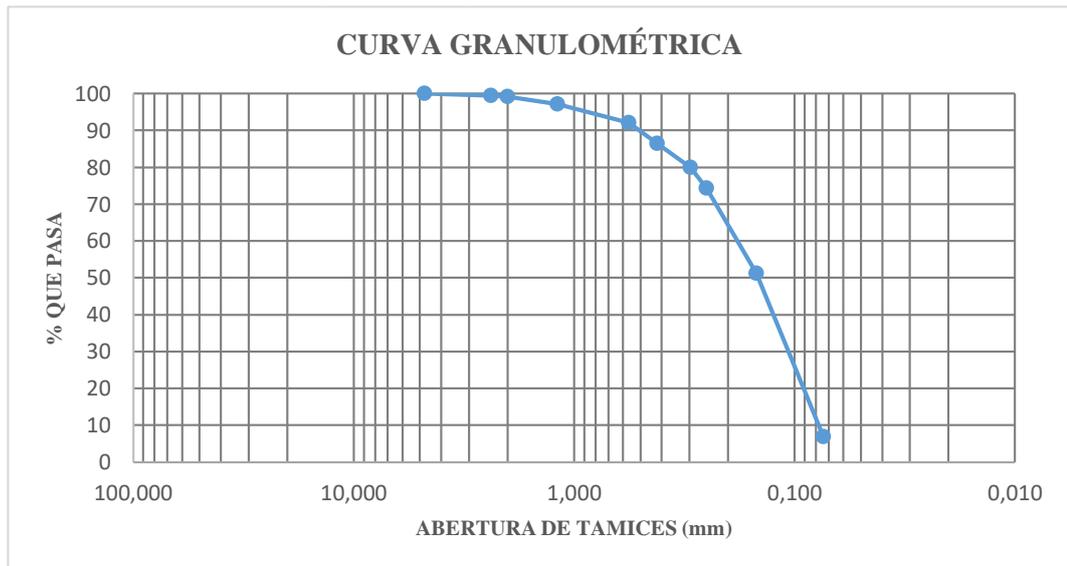
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	Normas:	AASHTO T 88 2013
Profundidad:	68 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	04-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	6	Coordenadas:	X= 763276,53 Y= 9848601,9

GRANULOMETRÍA

# Tamiz	Abertura (mm)	W muestra seca (gr)		250 gr		
		W Retenido	W Retenido Acumulado	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
# 4	4.760	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.380	1.50	1.50	0.60	0.60	99.40
# 10	2.000	0.90	2.40	0.36	0.96	99.04
# 16	1.190	5.10	7.50	2.04	3.00	97.00
# 30	0.565	12.50	20.00	5.00	8.00	92.00
# 40	0.420	14.30	34.30	5.72	13.72	86.28
# 50	0.297	16.50	50.80	6.60	20.32	79.68
# 60	0.250	14.00	64.80	5.60	25.92	74.08
# 100	0.149	58.00	122.80	23.20	49.12	50.88
# 200	0.074	110.70	233.50	44.28	93.40	6.60
FUENTE		16.50	250.00	6.60	100.00	0.00
		250.0				



Diámetro Dimensional (D60)	0.183	Porcentaje	
Diámetro Equiparable (D30)	0.107	Grava	0.96
Diámetro Efectivo (D10)	0.078	Arena	92.44
Coefficiente Curvatura Cc	0.805	Limo	6.60
Coefficiente de Uniformidad Cu	2.339		

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 98 Granulometría, muestra 7



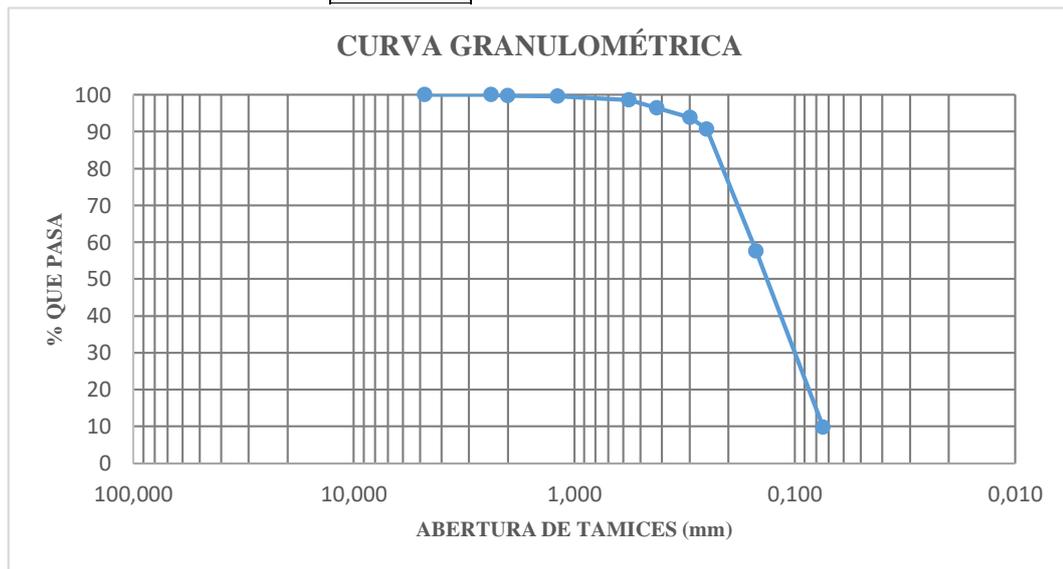
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Juan León Mera, sector Mocha	Normas:	AASHTO T 88 2013
Profundidad:	66 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	04-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	7	Coordenadas:	X= 760256,48 Y= 9844242,46

GRANULOMETRÍA

# Tamiz	W muestra seca (gr)			250 gr		
	Abertura (mm)	W Retenido	W Retenido Acumulado	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
# 4	4.760	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.380	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
# 10	2.000	0.50	0.50	0.20	0.20	99.80
# 16	1.190	0.70	1.20	0.28	0.48	99.52
# 30	0.565	2.50	3.70	1.00	1.48	98.52
# 40	0.420	5.70	9.40	2.28	3.76	96.24
# 50	0.297	6.50	15.90	2.60	6.36	93.64
# 60	0.250	7.90	23.80	3.16	9.52	90.48
# 100	0.149	82.80	106.60	33.12	42.64	57.36
# 200	0.074	119.50	226.10	47.80	90.44	9.56
FUENTE		23.90	250.00	9.56	100.00	0.00
		250.0				



Diámetro Dimensional (D60)	0.155	Porcentaje	
Diámetro Equiparable (D30)	0.100	Grava	0.20
Diámetro Efectivo (D10)	0.074	Arena	90.24
Coefficiente Curvatura Cc	0.862	Limo	9.56
Coefficiente de Uniformidad Cu	2.085		

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 99 Granulometría, muestra 8



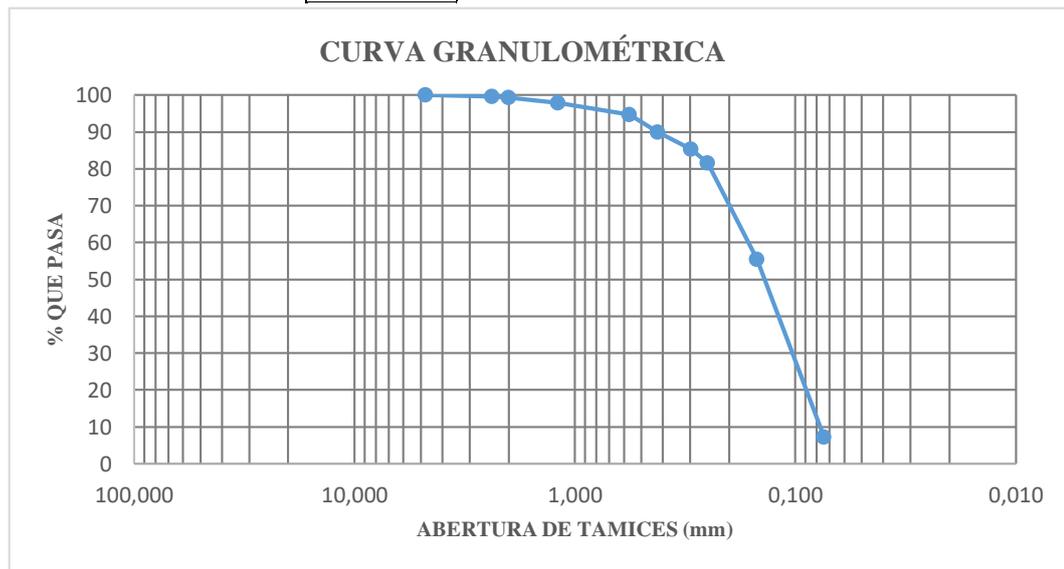
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Juan León Mera, sector Mocha	Normas:	AASHTO T 88 2013
Profundidad:	62 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	04-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	8	Coordenadas:	X= 760260 Y= 9843418

GRANULOMETRÍA

W muestra seca (gr)				250 gr		
# Tamiz	Abertura (mm)	W Retenido	W Retenido Acumulado	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
# 4	4.760	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.380	0.90	0.90	0.36	0.36	99.64
# 10	2.000	0.80	1.70	0.32	0.68	99.32
# 16	1.190	3.60	5.30	1.44	2.12	97.88
# 30	0.565	8.20	13.50	3.28	5.40	94.60
# 40	0.420	11.70	25.20	4.68	10.08	89.92
# 50	0.297	11.60	36.80	4.64	14.72	85.28
# 60	0.250	9.60	46.40	3.84	18.56	81.44
# 100	0.149	65.30	111.70	26.12	44.68	55.32
# 200	0.074	120.40	232.10	48.16	92.84	7.16
FUENTE		17.90	250.00	7.16	100.00	0.00
		250.0				



Diámetro Dimensional (0.075...0.60)	0.163	Porcentaje	
Diámetro Equiparable (D30)	0.103	Grava	0.68
Diámetro Efectivo (D10)	0.077	Arena	92.16
Coefficiente Curvatura Cc	0.844	Limo	7.16
Coefficiente de Uniformidad Cu	2.120		

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 100 Granulometría, muestra 9



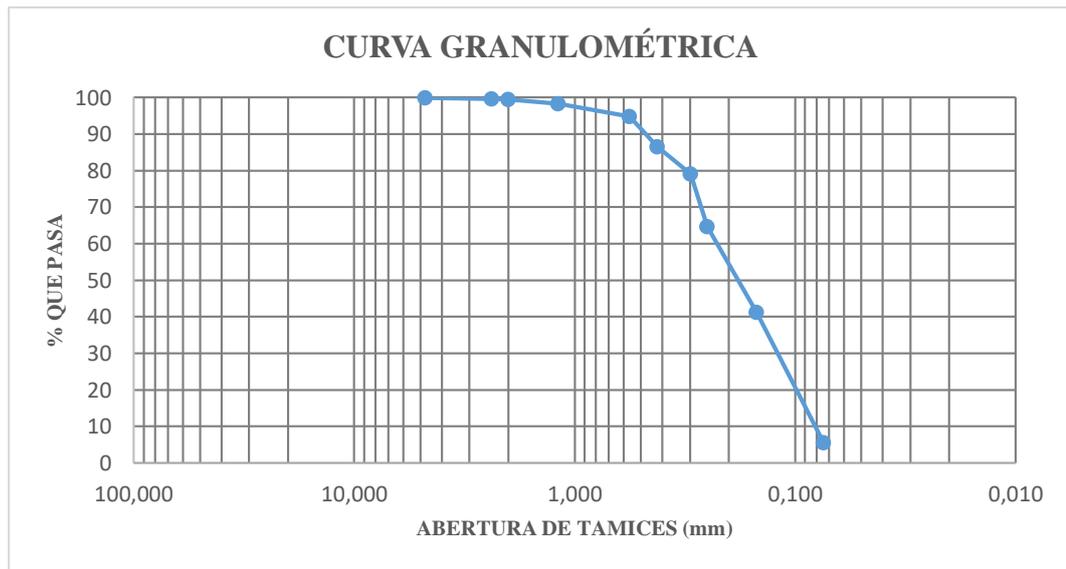
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Principal, sector Chilcapamba	Normas:	AASHTO T 88 2013
Profundidad:	65 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	01-Feb-2021	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	9	Coordenadas:	X= 757110,63 Y= 9843992,68

GRANULOMETRÍA

# Tamiz	Abertura (mm)	W muestra seca (gr)		250 gr		
		W Retenido	W Retenido Acumulado	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
# 4	4.760	0.10	0.10	0.04	0.04	99.96
# 8	2.380	0.80	0.90	0.32	0.36	99.64
# 10	2.000	0.40	1.30	0.16	0.52	99.48
# 16	1.190	2.80	4.10	1.12	1.64	98.36
# 30	0.565	8.70	12.80	3.48	5.12	94.88
# 40	0.420	20.90	33.70	8.36	13.48	86.52
# 50	0.297	18.90	52.60	7.56	21.04	78.96
# 60	0.250	35.90	88.50	14.36	35.40	64.60
# 100	0.149	58.90	147.40	23.56	58.96	41.04
# 200	0.074	89.10	236.50	35.64	94.60	5.40
FUENTE		13.50	250.00	5.40	100.00	0.00
		250.0				



Diámetro Dimensional (D60)	0.226	Porcentaje	
Diámetro Equiparable (D30)	0.120	Grava	0.52
Diámetro Efectivo (D10)	0.081	Arena	94.08
Coefficiente Curvatura Cc	0.786	Limo	5.40
Coefficiente de Uniformidad Cu	2.790		

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 101 Granulometría, muestra 10



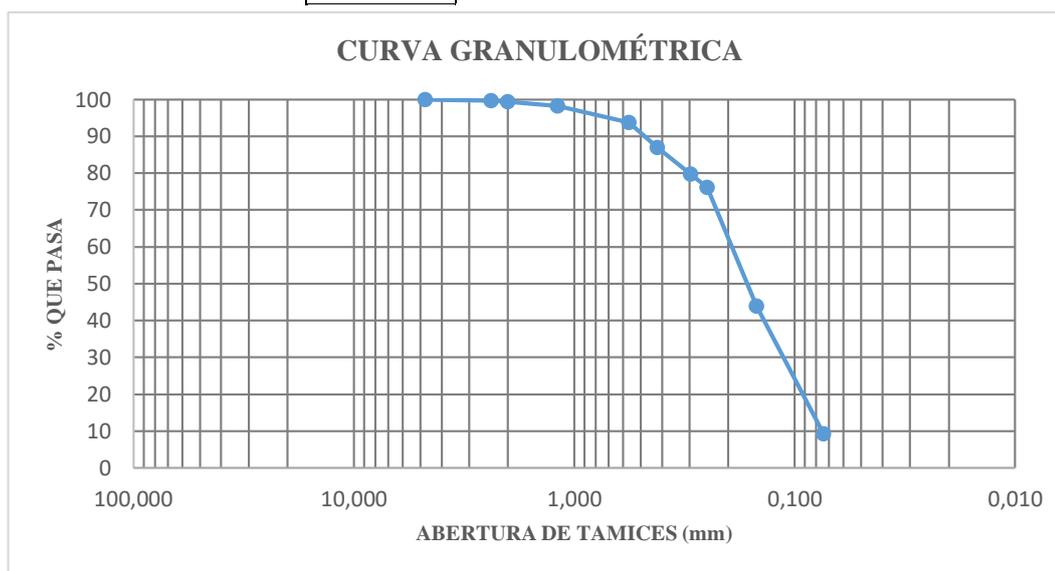
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Principal, sector Chilcapamba	Normas:	AASHTO T 88 2013
Profundidad:	80 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	01-Feb-2021	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	10	Coordenadas:	X= 758397,61 Y= 9842982,1

GRANULOMETRÍA

# Tamiz	Abertura (mm)	W muestra seca (gr)		250 gr		
		W Retenido	W Retenido Acumulado	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
# 4	4.760	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.380	1.10	1.10	0.44	0.44	99.56
# 10	2.000	0.70	1.80	0.28	0.72	99.28
# 16	1.190	2.80	4.60	1.12	1.84	98.16
# 30	0.565	11.60	16.20	4.64	6.48	93.52
# 40	0.420	16.90	33.10	6.76	13.24	86.76
# 50	0.297	18.30	51.40	7.32	20.56	79.44
# 60	0.250	8.90	60.30	3.56	24.12	75.88
# 100	0.149	80.50	140.80	32.20	56.32	43.68
# 200	0.074	86.70	227.50	34.68	91.00	9.00
FUENTE		22.50	250.00	9.00	100.00	0.00
		250.0				



Diámetro Dimensional (D60)	0.193	Porcentaje	
Diámetro Equiparable (D30)	0.112	Grava	0.72
Diámetro Efectivo (D10)	0.075	Arena	90.28
Coefficiente Curvatura Cc	0.873	Limo	9.00
Coefficiente de Uniformidad Cu	2.569		

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 102 Granulometría, muestra 11



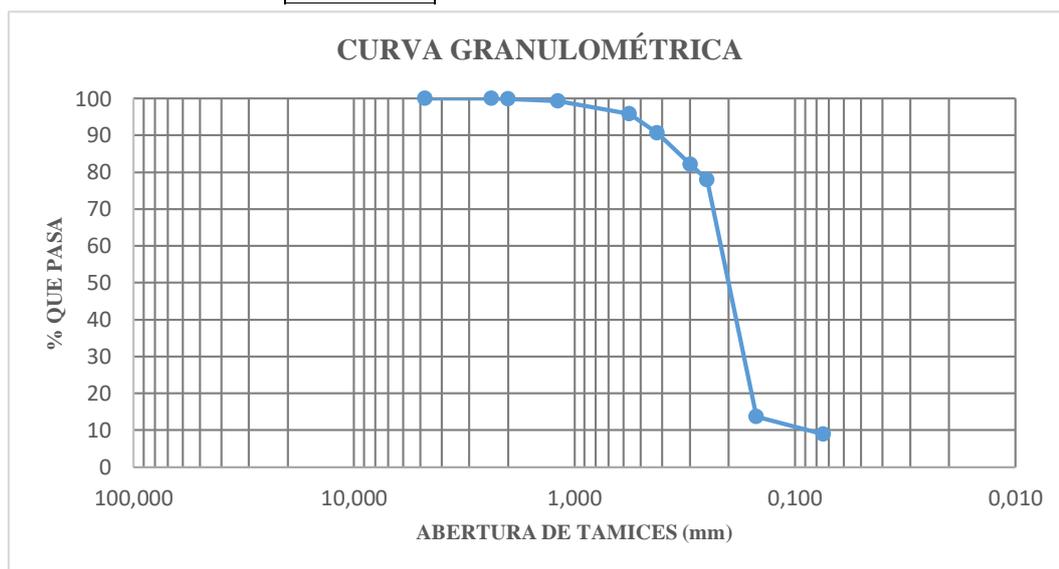
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía S/N sector Hacienda Atillo	Normas:	AASHTO T 88 2013
Profundidad:	55 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	01-Feb-2021	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	11	Coordenadas:	X= 757136,19 Y= 9842106,66

GRANULOMETRÍA

# Tamiz	W muestra seca (gr)			250 gr		
	Abertura (mm)	W Retenido	W Retenido Acumulado	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
# 4	4.760	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.380	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
# 10	2.000	0.20	0.20	0.08	0.08	99.92
# 16	1.190	1.60	1.80	0.64	0.72	99.28
# 30	0.565	8.50	10.30	3.40	4.12	95.88
# 40	0.420	12.80	23.10	5.12	9.24	90.76
# 50	0.297	12.50	35.60	5.00	14.24	85.76
# 60	0.250	9.60	45.20	3.84	18.08	81.92
# 100	0.149	183.70	228.90	73.48	91.56	8.44
# 200	0.074	10.80	239.70	4.32	95.88	4.12
FUENTE		10.30	250.00	4.12	100.00	0.00
		250.0				



Diámetro Dimensional (D60)	0.214	Porcentaje	
Diámetro Equiparable (D30)	0.173	Grava	0.08
Diámetro Efectivo (D10)	0.151	Arena	95.80
Coefficiente Curvatura Cc	0.932	Limo	4.12
Coefficiente de Uniformidad Cu	1.422		

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 103 Granulometría, muestra 12



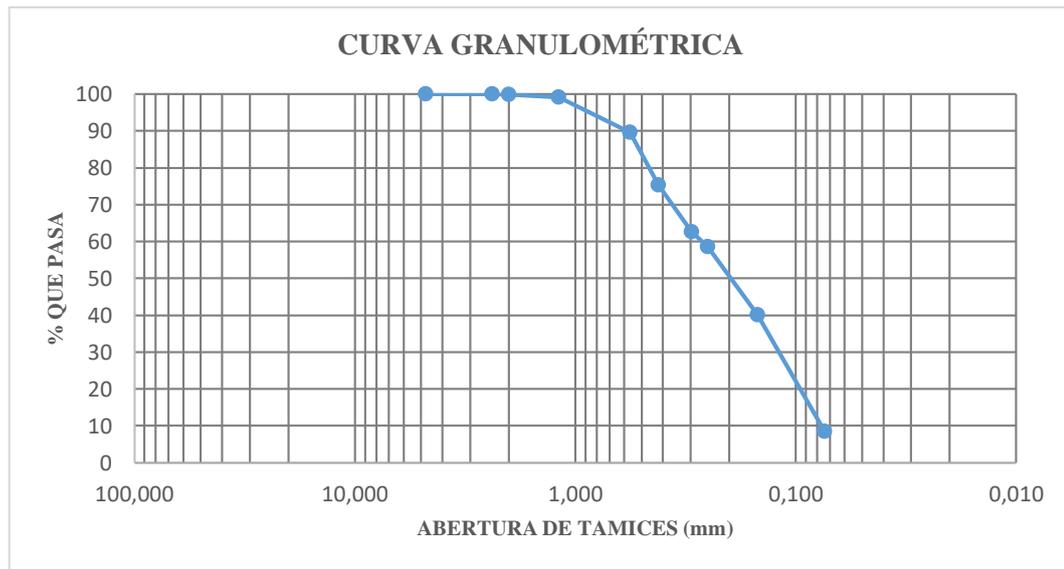
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía S/N sector Hacienda Atillo	Normas:	AASHTO T 88 2013
Profundidad:	48 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	01-Feb-2021	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	12	Coordenadas:	X= 757162,09 Y= 9841869,62

GRANULOMETRÍA

# Tamiz	Abertura (mm)	W muestra seca (gr)		250 gr		
		W Retenido	W Retenido Acumulado	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
# 4	4.760	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.380	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
# 10	2.000	0.40	0.40	0.16	0.16	99.84
# 16	1.190	1.80	2.20	0.72	0.88	99.12
# 30	0.565	23.80	26.00	9.52	10.40	89.60
# 40	0.420	35.70	61.70	14.28	24.68	75.32
# 50	0.297	31.60	93.30	12.64	37.32	62.68
# 60	0.250	10.20	103.50	4.08	41.40	58.60
# 100	0.149	46.20	149.70	18.48	59.88	40.12
# 200	0.074	79.30	229.00	31.72	91.60	8.40
FUENTE		21.00	250.00	8.40	100.00	0.00
		250.0				



Diámetro Dimensional (D60)	0.265	Porcentaje	
Diámetro Equiparable (D30)	0.119	Grava	0.16
Diámetro Efectivo (D10)	0.077	Arena	91.44
Coefficiente Curvatura Cc	0.698	Limo	8.40
Coefficiente de Uniformidad Cu	3.463		

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 104 Límite Líquido, muestra 1



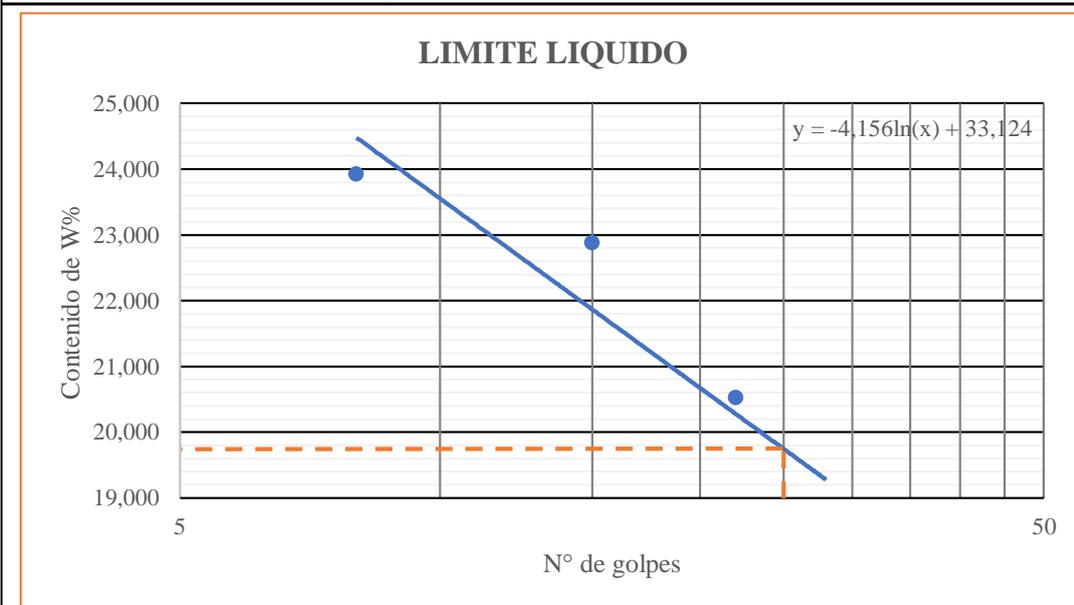
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Calle S/N, sector San Pedro	Normas:	AASHTO T 89 2013
Profundidad:	54 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	06-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	1	Coordenadas:	X= 765326,24 Y= 9847819,38

LÍMITE LÍQUIDO - Copa Casagrande - AASHTO T 89 2013					
Nº Golpes	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	%W	%W prom
28	5.4	15.5	13.9	18.82	18.57
	5	13.4	12.1	18.31	
22	5.2	13.2	11.9	19.40	20.53
	5	16.8	14.7	21.65	
15	5.4	14.4	12.8	21.62	22.88
	5.3	16.1	14	24.14	
8	5.8	16.2	14.2	23.81	23.93
	5.8	15.6	13.7	24.05	

GRÁFICA DEL LÍMITE LÍQUIDO



En la gráfica se observa que el límite líquido a los 25 golpes en la copa de Casagrande es de 19.75 %.

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 105 Límite Líquido, muestra 2



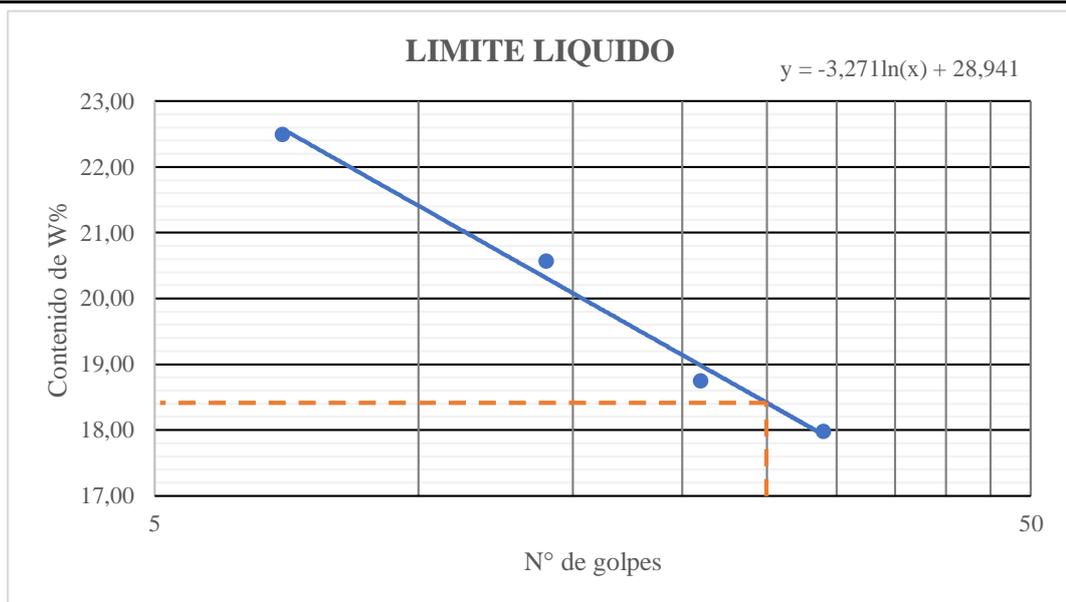
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Calle S/N, sector San Pedro	Normas:	AASHTO T 89 2013
Profundidad:	60 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	06-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	2	Coordenadas:	X= 765214,47 Y= 9847271,32

LÍMITE LÍQUIDO - Copa Casagrande - AASHTO T 89 2013					
Nº Golpes	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	%W	%W prom
29	5.4	17.1	15.3	18.18	17.98
	5.3	15.9	14.3	17.78	
21	5.5	18	16.1	17.92	18.74
	5.5	16.5	14.7	19.57	
14	5.1	16.6	14.7	19.79	20.57
	5.4	16.2	14.3	21.35	
7	5.7	20.6	17.9	22.13	22.49
	5.6	18.5	16.1	22.86	

GRÁFICA DEL LÍMITE LÍQUIDO



En la gráfica se observa que el límite líquido a los 25 golpes en la copa de Casagrande es de 18.41%.

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 106 Límite Líquido, muestra 3



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

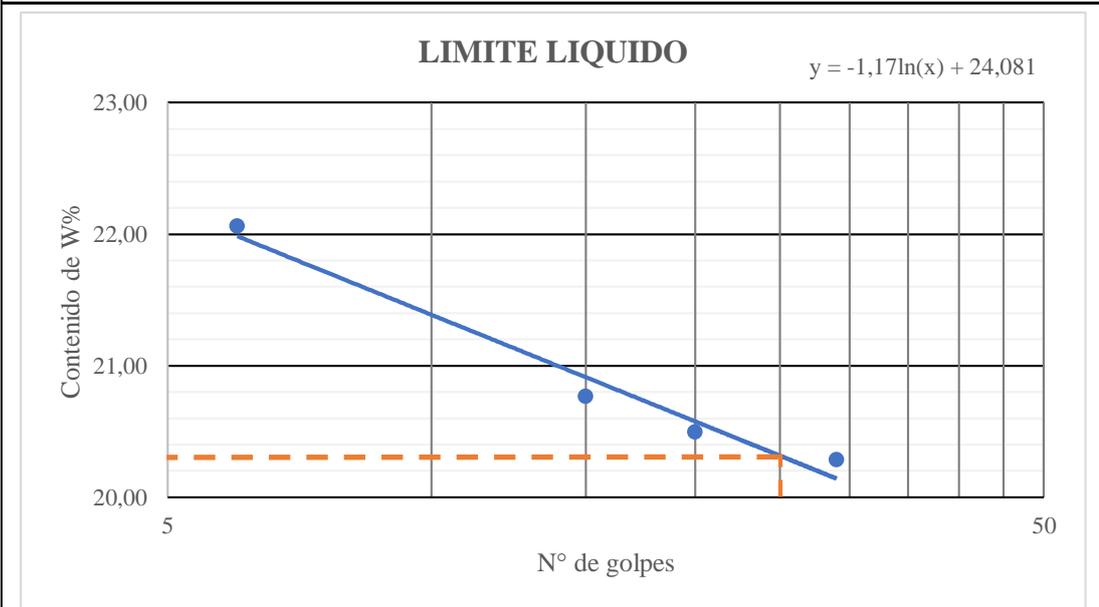


Parroquia: Pinguilí
Vía: Vía Pinguilí
Profundidad: 63 cm
Fecha: 06-Nov-2020
Muestra: 3

Proyecto: Tesis de Grado
Normas: AASHTO T 89 2013
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 764835,02 Y= 9845550,33

LÍMITE LÍQUIDO - Copa Casagrande - AASHTO T 89 2013					
Nº Golpes	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	%W	%W prom
29	5.4	17.8	15.7	20.39	20.29
	5.4	18.5	16.3	20.18	
20	5.4	17.3	15.3	20.20	20.50
	5.3	17.5	15.4	20.79	
15	5.2	20	17.5	20.33	20.77
	5.5	17.5	15.4	21.21	
6	4.9	18.9	16.4	21.74	22.06
	5.5	21.9	18.9	22.39	

GRÁFICA DEL LÍMITE LÍQUIDO



En la gráfica se observa que el límite líquido a los 25 golpes en la copa de Casagrande es de 20.31 %.

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 107 Límite Líquido, muestra 4



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

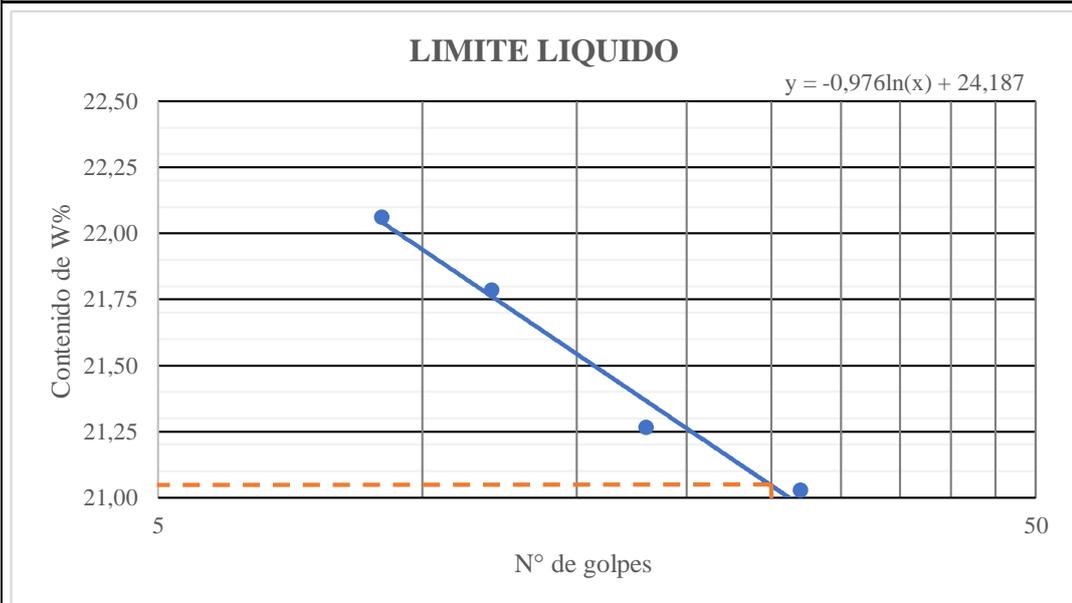


Parroquia: Pinguilí
Vía: Vía Pinguilí
Profundidad: 62 cm
Fecha: 06-Nov-2020
Muestra: 4

Proyecto: Tesis de Grado
Normas: AASHTO T 89 2013
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 764062,35 Y= 9845219,09

LÍMITE LÍQUIDO - Copa Casagrande - AASHTO T 89 2013					
Nº Golpes	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	%W	%W prom
27	5.2	17.9	15.7	20.95	21.03
	5.3	18.5	16.2	21.10	
18	5.2	18.4	16.1	21.10	21.26
	5.6	17.5	15.4	21.43	
12	5.3	16.1	14.2	21.35	21.79
	5.6	17.7	15.5	22.22	
9	5.3	17.6	15.4	21.78	22.06
	5.5	17	14.9	22.34	

GRÁFICA DEL LÍMITE LÍQUIDO



En la gráfica se observa que el límite líquido a los 25 golpes en la copa de Casagrande es de 21.05 %.

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 108 Límite Líquido, muestra 5



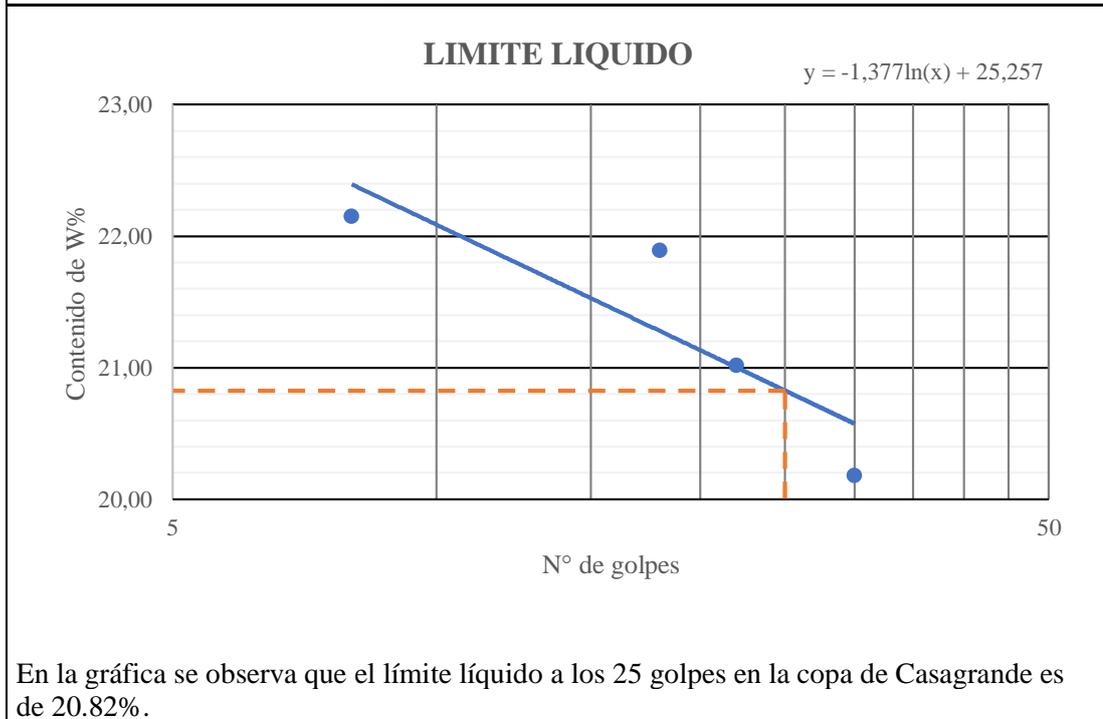
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	Normas:	AASHTO T 89 2013
Profundidad:	65 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	06-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	5	Coordenadas:	X= 763649,56 Y= 9849055,37

LÍMITE LÍQUIDO - Copa Casagrande - AASHTO T 89 2013					
Nº Golpes	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	%W	%W prom
30	5.3	16.9	15	19.59	20.18
	5.2	14.5	12.9	20.78	
22	5.4	15.9	14.1	20.69	21.02
	5.4	16.2	14.3	21.35	
18	5.3	15.3	13.5	21.95	21.90
	5.1	15.7	13.8	21.84	
8	5.3	15.7	13.8	22.35	22.15
	5.5	15.5	13.7	21.95	

GRÁFICA DEL LÍMITE LÍQUIDO



Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 109 Límite Líquido, muestra 6



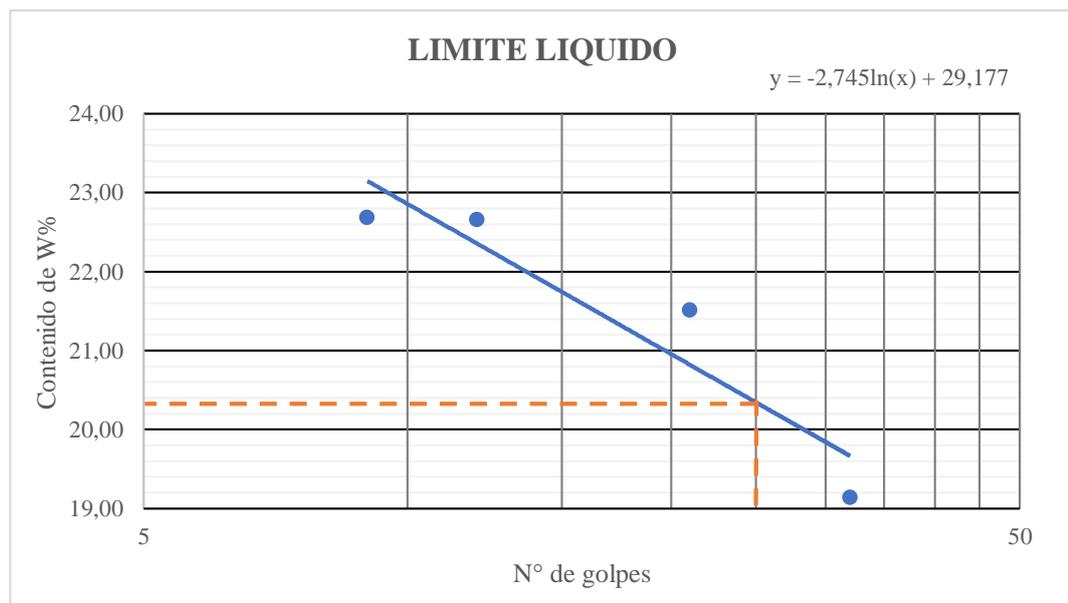
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	Normas:	AASHTO T 89 2013
Profundidad:	68 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	06-Nov-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	6	Coordenadas:	X= 763276,53 Y= 9848601,9

LÍMITE LÍQUIDO - Copa Casagrande - AASHTO T 89 2013					
Nº Golpes	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	%W	%W prom
32	5.3	14.9	13.4	18.52	19.14
	5.2	14.9	13.3	19.75	
21	5.4	16.1	14.2	21.59	21.51
	5.4	15.6	13.8	21.43	
12	5.3	17.7	15.4	22.77	22.66
	5.1	17.6	15.3	22.55	
9	5.4	17.2	15	22.92	22.68
	5.6	17.6	15.4	22.45	

GRÁFICA DEL LÍMITE LÍQUIDO



En la gráfica se observa que el límite líquido a los 25 golpes en la copa de Casagrande es de 20.34%.

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 110 Límite Líquido, muestra 7



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

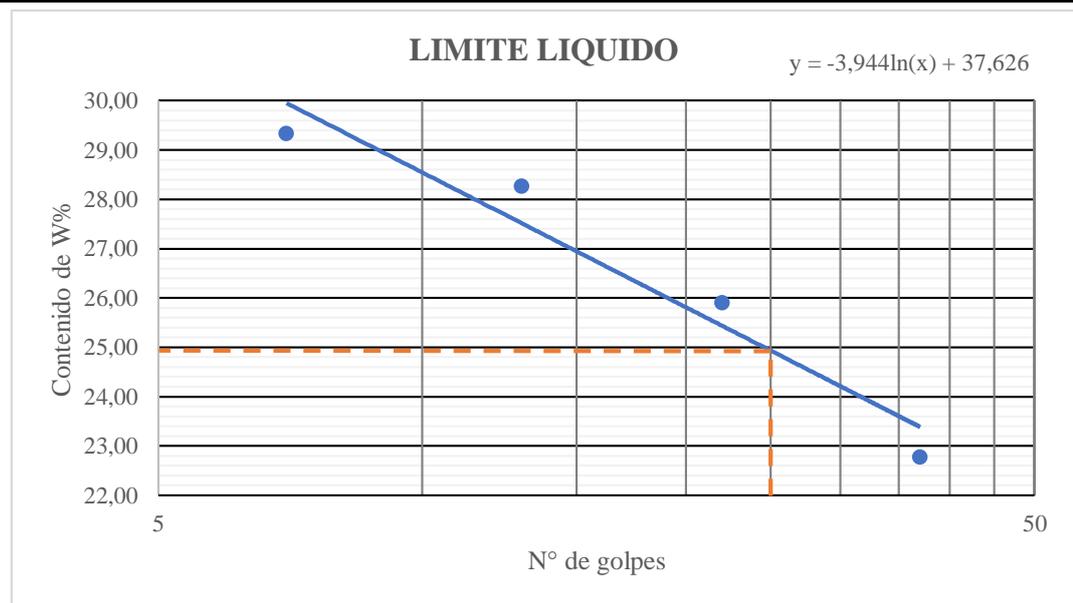


Parroquia: La Matriz
Vía: Av. Juan León Mera, sector Mocha
Profundidad: 66 cm
Fecha: 27-Dic-2020
Muestra: 7

Proyecto: Tesis de Grado
Normas: AASHTO T 89 2013
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 760256,48 Y= 9844242,46

LÍMITE LÍQUIDO - Copa Casagrande - AASHTO T 89 2013					
Nº Golpes	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	%W	%W prom
37	5.4	16.8	14.6	23.91	22.78
	5.6	17.4	15.3	21.65	
22	5.2	14.5	12.6	25.68	25.91
	5.5	16.6	14.3	26.14	
13	5.5	17.4	14.8	27.96	28.26
	5.3	15.2	13	28.57	
7	5.3	17.5	14.9	27.08	29.33
	5.6	15.6	13.2	31.58	

GRÁFICA DEL LÍMITE LÍQUIDO



En la gráfica se observa que el límite líquido a los 25 golpes en la copa de Casagrande es de 24,93%.

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 111 Límite Líquido, muestra 8



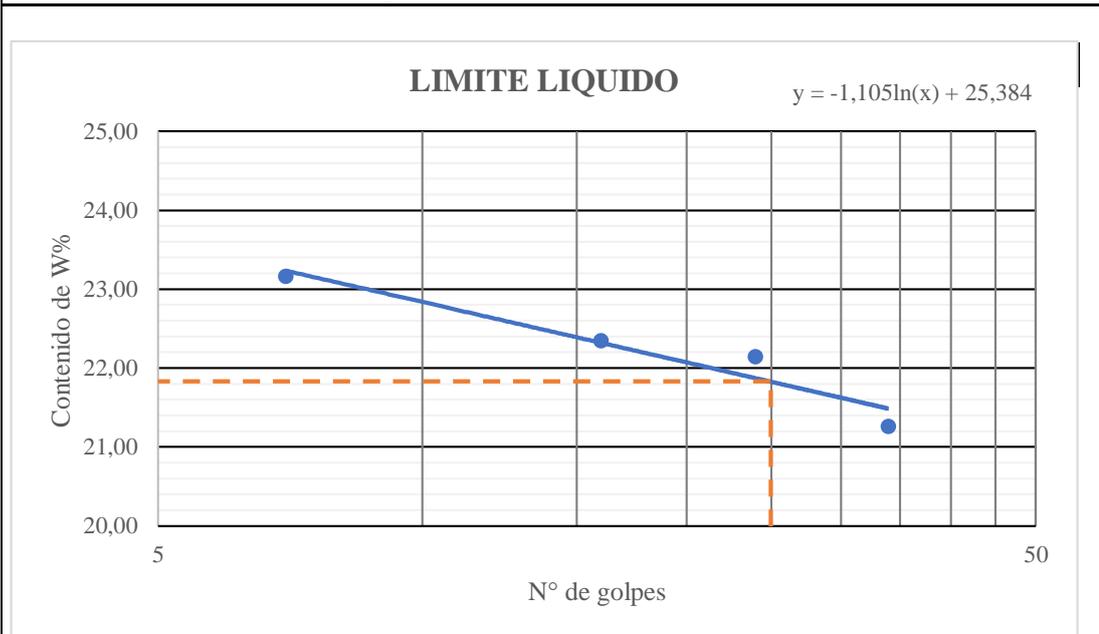
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Juan León Mera, sector Mocha	Normas:	AASHTO T 89 2013
Profundidad:	62 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	27-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	8	Coordenadas:	X= 760260 Y= 9843418

LÍMITE LÍQUIDO - Copa Casagrande - AASHTO T 89 2013					
Nº Golpes	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	%W	%W prom
34	5.2	17.8	15.6	21.15	21.26
	4.9	17.4	15.2	21.36	
24	5.2	16.4	14.3	23.08	22.14
	4.8	16.8	14.7	21.21	
16	5.5	17	14.9	22.34	22.35
	4.9	15.3	13.4	22.35	
7	5.4	20.9	18	23.02	23.16
	5.4	18.1	15.7	23.30	

GRÁFICA DEL LÍMITE LÍQUIDO



En la gráfica se observa que el límite líquido a los 25 golpes en la copa de Casagrande es de 21,83%.

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 112 Límite Líquido, muestra 9



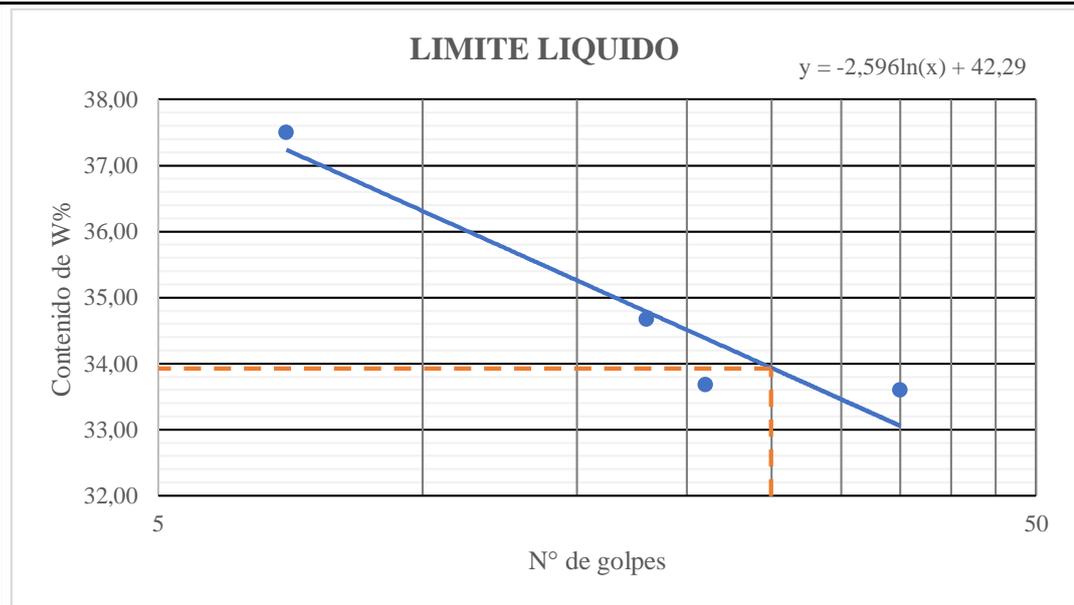
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Principal, sector Chilcapamba	Normas:	AASHTO T 89 2013
Profundidad:	65 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	27-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	9	Coordenadas:	X= 757110,63 Y= 9843992,68

LÍMITE LÍQUIDO - Copa Casagrande - AASHTO T 89 2013					
Nº Golpes	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	%W	%W prom
35	4.6	13.6	11.3	34.33	33.60
	5	14.7	12.3	32.88	
21	4.9	17.6	14.4	33.68	33.68
	5.2	17.9	14.7	33.68	
18	4.9	13.4	11.2	34.92	34.67
	4.7	12.9	10.8	34.43	
7	5.3	16.7	13.6	37.35	37.51
	5.2	15.8	12.9	37.66	

GRÁFICA DEL LÍMITE LÍQUIDO



En la gráfica se observa que el límite líquido a los 25 golpes en la copa de Casagrande es de 33.93%

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 113 Límite Líquido, muestra 10



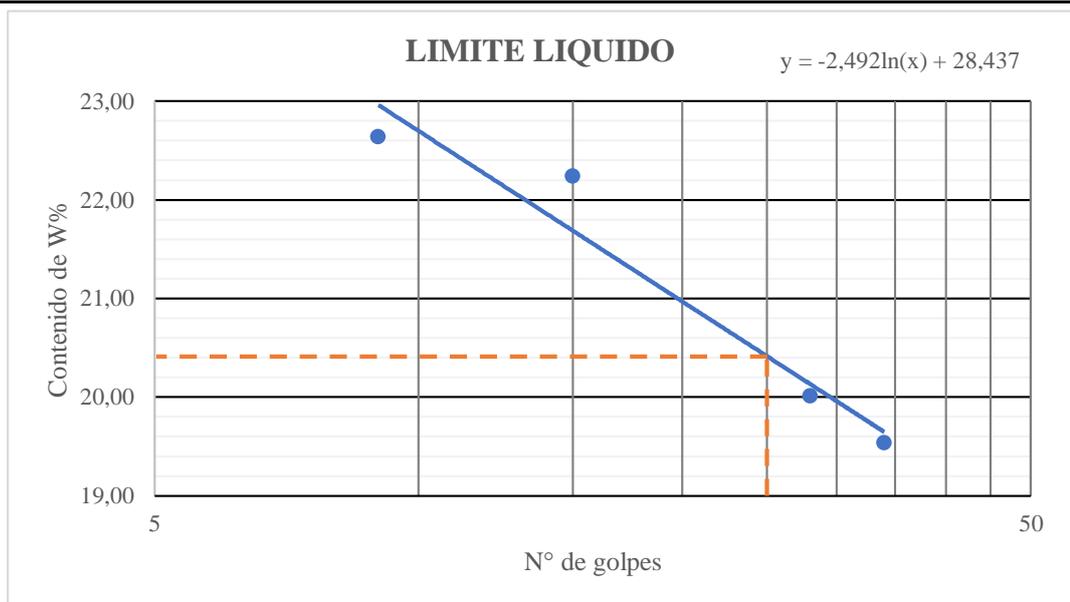
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Principal, sector Chilcapamba	Normas:	AASHTO T 89 2013
Profundidad:	80 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	27-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	10	Coordenadas:	X= 758397,61 Y= 9842982,1

LÍMITE LÍQUIDO - Copa Casagrande - AASHTO T 89 2013					
Nº Golpes	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	%W	%W prom
34	5.4	18.1	16	19.81	19.54
	5.6	18.6	16.5	19.27	
28	5.2	15.8	14	20.45	20.01
	5.5	16.5	14.7	19.57	
15	5.5	17.5	15.3	22.45	22.24
	5.3	19.7	17.1	22.03	
9	5.3	18.6	16.2	22.02	22.64
	5.6	16.2	14.2	23.26	

GRÁFICA DEL LÍMITE LÍQUIDO



En la gráfica se observa que el límite líquido a los 25 golpes en la copa de Casagrande es de 20.42%.

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 114 Límite Líquido, muestra 11



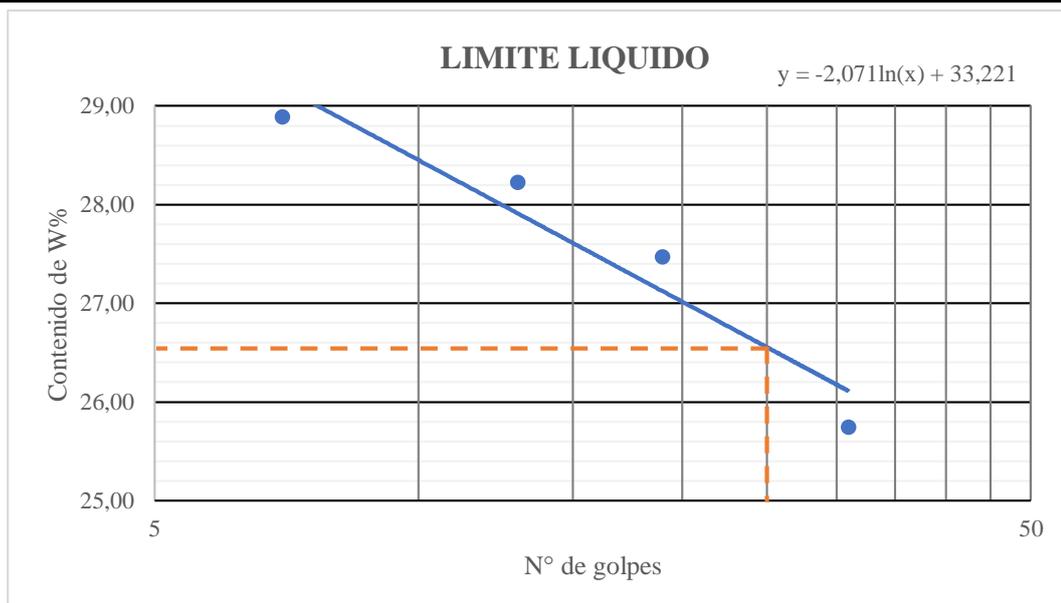
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía S/N sector Hacienda Atillo	Normas:	AASHTO T 89 2013
Profundidad:	55 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	27-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	11	Coordenadas:	X= 757136,19 Y= 9842106,66

LÍMITE LÍQUIDO - Copa Casagrande - AASHTO T 89 2013					
Nº Golpes	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	%W	%W prom
31	5.4	15.2	13.2	25.64	25.74
	5.4	16.6	14.3	25.84	
19	5.4	17.1	14.5	28.57	27.47
	5.3	16.8	14.4	26.37	
13	5.1	16.3	13.8	28.74	28.22
	5.2	15.8	13.5	27.71	
7	4.9	12.9	11.1	29.03	28.89
	5.5	15.8	13.5	28.75	

GRÁFICA DEL LÍMITE LÍQUIDO



En la gráfica se observa que el límite líquido a los 25 golpes en la copa de Casagrande es de 26.55%

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 115 Límite Líquido, muestra 12



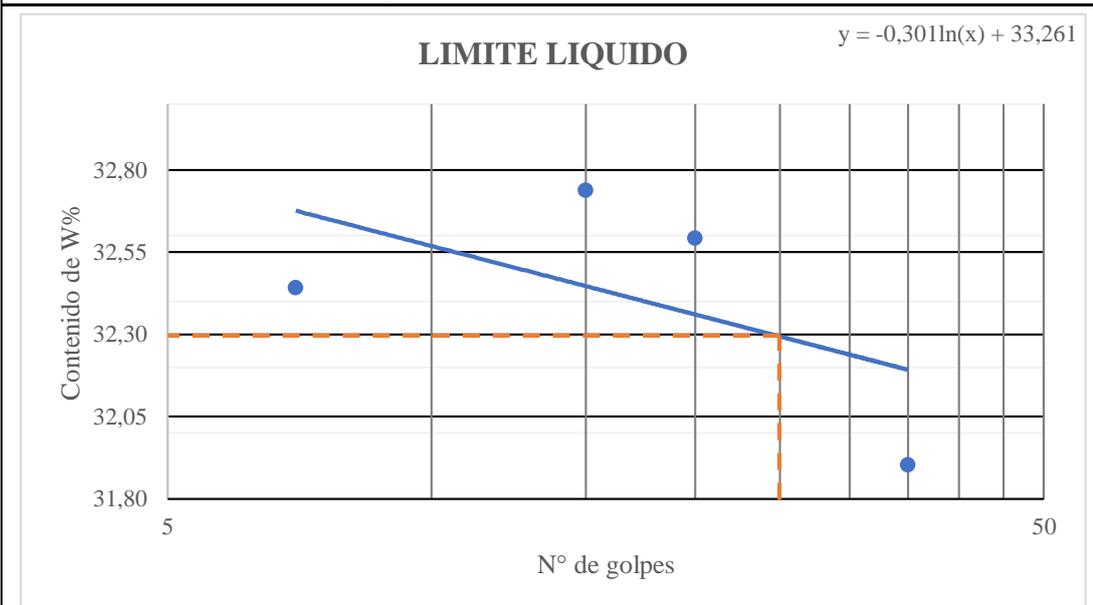
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía S/N sector Hacienda Atillo	Normas:	AASHTO T 89 2013
Profundidad:	48 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	27-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	12	Coordenadas:	X= 757162,09 Y= 9841869,62

LÍMITE LÍQUIDO - Copa Casagrande - AASHTO T 89 2013					
Nº Golpes	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	%W	%W prom
35	5.4	16.2	13.6	31.71	31.90
	5.2	15.9	13.3	32.10	
20	5.2	13.8	11.7	32.31	32.59
	5.4	15.1	12.7	32.88	
15	5.4	15.4	12.9	33.33	32.74
	5.6	16.7	14	32.14	
7	5.3	15	12.7	31.08	32.44
	5.6	15.1	12.7	33.80	

GRÁFICA DEL LÍMITE LÍQUIDO



En la gráfica se observa que el límite líquido a los 25 golpes en la copa de Casagrande es de 32.29%.

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 116 Límite Plástico, muestra 1



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



Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Calle S/N, sector San Pedro	Normas:	AASHTO T 90 2016
Profundidad:	54 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	07-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	1	Coordenadas:	X= 765326,24 Y= 9847819,38

LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 89 2013					
Nº Cápsula	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	% W	%W Prom
11op	4.8	9.6	8.8	20.00	20.71
12op	4.7	10.4	9.4	21.28	
13op	5.3	11.1	10.1	20.83	
14op	5.2	9.8	9	21.05	
15op	5.1	11.6	10.5	20.37	
LIMITES DE ATTERBERG					
Límite líquido:	19.75 %			Índice plástico:	-0.96
Límite plástico:	20.71 %				
SUELO			NO PLASTICO		

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO		
SISTEMA	AASHTO	A-3
	SUCS	SW-ML

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 117 Límite Plástico, muestra 2



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



Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Calle S/N, sector San Pedro	Normas:	AASHTO T 90 2016
Profundidad:	60 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	07-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	2	Coordenadas:	X= 765214,47 Y= 9847271,32

LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 89 2013					
N° Cápsula	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	% W	%W Prom
6OP	4.8	7.7	7.4	11.54	12.75
7OP	4.6	9.3	8.8	11.90	
8OP	5	9.9	9.3	13.95	
9OP	4.9	8.9	8.5	11.11	
10OP	5.2	10.5	9.8	15.22	
LIMITES DE ATTERBERG					
Límite líquido:		18.41 %			
Límite plástico:		12.75 %		Índice plástico: 5.67	
SUELO			BAJA PLASTICIDAD		
CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO					
SISTEMA	AASHTO	A-2-4			
	SUCS	SP-CL-ML			

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 118 Límite Plástico, muestra 3



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



Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía Pinguilí	Normas:	AASHTO T 90 2016
Profundidad:	63 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	07-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	3	Coordenadas:	X= 764835,02 Y= 9845550,33

LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 89 2013					
Nº Cápsula	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	% W	%W Prom
47	7.45	9.5	9.2	17.14	19.77
23	7.51	9.2	8.9	21.58	
71	6.28	10.1	9.5	18.63	
10	6.09	8.5	8.1	19.90	
56	6.22	9.6	9.0	21.58	
LIMITES DE ATTERBERG					
Límite líquido:		20.31 %			
Límite plástico:		19.77 %		Índice plástico:	0.55
SUELO BAJA PLASTICIDAD					

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO		
SISTEMA	AASHTO	A-2-4
	SUCS	SP-ML

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 119 Límite Plástico, muestra 4



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



Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía Pinguilí	Normas:	AASHTO T 90 2016
Profundidad:	62 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	07-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	4	Coordenadas:	X= 764062,35 Y= 9845219,09

LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 89 2013					
N° Cápsula	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	% W	%W Prom
18A	6.1	8.4	8.0	21.05	21.45
57	6.1	7.4	7.2	18.18	
60	6.1	9.3	8.7	23.08	
54	6	7.7	7.4	21.43	
39	5.9	8.0	7.6	23.53	
LIMITES DE ATTERBERG					
Límite líquido:	21.05	%			
Límite plástico:	21.45	%	Índice plástico:	-0.41	
SUELO			NO PLASTICO		

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO		
SISTEMA	AASHTO	A-3
	SUCS	SP

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 120 Límite Plástico, muestra 5



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	Normas:	AASHTO T 90 2016
Profundidad:	65 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	07-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	5	Coordenadas:	X= 763649,56 Y= 9849055,37

LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 89 2013					
Nº Cápsula	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	% W	%W Prom
1op	5.4	9.6	8.9	20.00	19.93
2op	4.8	10.3	9.4	19.57	
3op	5.1	10.7	9.8	19.15	
4op	4.9	9.6	8.8	20.51	
5op	5.2	11.1	10.1	20.41	
LIMITES DE ATTERBERG					
Límite líquido:	20.82 %			Índice plástico:	0.90
Límite plástico:	19.93 %				
SUELO			BAJA PLASTICIDAD		

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO		
SISTEMA	AASHTO	A-2-4
	SUCS	SP

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 121 Límite Plástico, muestra 6



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	Normas:	AASHTO T 90 2016
Profundidad:	68 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	07-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	6	Coordenadas:	X= 763276,53 Y= 9848601,9

LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 89 2013					
N° Cápsula	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	% W	%W Prom
3	7.4	10.9	10.3	20.69	18.76
1	4.3	5.7	5.5	16.67	
9	10.7	13	12.6	21.05	
6	7.4	9.2	8.9	20.00	
10	7.4	8.9	8.7	15.38	
LIMITES DE ATTERBERG					
Límite líquido:		20.34 %			
Límite plástico:		18.76 %		Índice plástico:	1.58
SUELO			BAJA PLASTICIDAD		

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO		
SISTEMA	AASHTO	A-2-4
	SUCS	SP-ML

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 122 Límite Plástico, muestra 7



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Juan León Mera, sector Mocha	Normas:	AASHTO T 90 2016
Profundidad:	66 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	13-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	7	Coordenadas:	X= 760256,48 Y= 9844242,46

LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 89 2013					
Nº Cápsula	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	% W	%W Prom
64	6.1	6.80	6.7	16.67	20.00
35	6.1	7.10	6.9	25.00	
65	6.1	6.80	6.7	16.67	
24	6.2	6.90	6.8	16.67	
20	5.9	6.90	6.7	25.00	
LIMITES DE ATTERBERG					
Límite líquido:	24.93	%			
Límite plástico:	20.00	%	Índice plástico:	4.93	
SUELO			BAJA PLASTICIDAD		

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO		
SISTEMA	AASHTO	A-2-4
	SUCS	SP-CL-ML

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 123 Límite Plástico, muestra 8



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Juan León Mera, sector Mocha	Normas:	AASHTO T 90 2016
Profundidad:	62 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	13-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	8	Coordenadas:	X= 760260 Y= 9843418

LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 89 2013					
N° Cápsula	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	% W	%W Prom
36	5.3	8.10	7.60	21.74	21.17
37	5.1	8.60	8.00	20.69	
38	5.4	10.10	9.30	20.51	
39	5.7	8.50	8.00	21.74	
40	5.6	11.90	10.80	21.15	
LIMITES DE ATTERBERG					
Límite líquido:		21.83 %	Índice plástico:		0.66
Límite plástico:		21.17 %			
SUELO			BAJA PLASTICIDAD		

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO		
SISTEMA	AASHTO	A-2-4
	SUCS	SP-ML

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa



Tabla 124 Límite Plástico, muestra 9

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: La Matriz
Vía: Av. Principal, sector Chilcapamba
Profundidad: 65 cm
Fecha: 13-Dic-2020
Muestra: 9

Proyecto: Tesis de Grado
Normas: AASHTO T 90 2016
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 757110,63 Y= 9843992,68

LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 89 2013					
Nº Cápsula	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	% W	%W Prom
7	7.4	8.5	8.3	22.22	27.31
15	10.6	12.1	11.8	25.00	
12	7.4	9.1	8.7	30.77	
11	7.4	8.7	8.4	30.00	
14	4.3	5.2	5	28.57	
LIMITES DE ATTERBERG					
Límite líquido:	33.93	%			
Límite plástico:	27.31	%	Índice plástico:	6.62	
SUELO			BAJA PLASTICIDAD		

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO		
SISTEMA	AASHTO	A-2-4
	SUCS	SP-ML

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 125 Límite Plástico, muestra 10



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Principal, sector Chilcapamba	Normas:	AASHTO T 90 2016
Profundidad:	80 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	13-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	10	Coordenadas:	X= 758397,61 Y= 9842982,1

LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 89 2013					
N° Cápsula	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	% W	%W Prom
33	6.1	7.50	7.20	27.27	24.61
10A	7.4	8.00	7.90	20.00	
41	6.2	7.20	7.00	25.00	
82	4.3	5.40	5.20	22.22	
90	10.7	11.60	11.40	28.57	
LIMITES DE ATTERBERG					
Límite líquido:		20.42 %			
Límite plástico:		24.61 %		Índice plástico: -4.20	
SUELO			NO PLASTICO		

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO		
SISTEMA	AASHTO	A-3
	SUCS	SP-ML

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 126 Límite Plástico, muestra 11



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía S/N sector Hacienda Atillo	Normas:	AASHTO T 90 2016
Profundidad:	55 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	13-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	11	Coordenadas:	X= 757136,19 Y= 9842106,66

LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 89 2013					
Nº Cápsula	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	% W	%W Prom
47	6	7	6.8	25.00	23.33
44A	5.9	7.4	7.1	25.00	
44	6.2	6.7	6.6	25.00	
43	6	6.7	6.6	16.67	
42	6.1	7.1	6.9	25.00	
LIMITES DE ATTERBERG					
Límite líquido:	26.55 %			Índice plástico:	3.22
Límite plástico:	23.33 %				
SUELO BAJA PLASTICIDAD					

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO		
SISTEMA	AASHTO	A-2-4
	SUCS	SP-ML

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 127 Límite Plástico, muestra 12



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía S/N sector Hacienda Atillo	Normas:	AASHTO T 90 2016
Profundidad:	48 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	13-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	12	Coordenadas:	X= 757162,09 Y= 9841869,62

LÍMITE PLÁSTICO - AASHTO T 89 2013					
Nº Cápsula	W Cáps. (gr)	W Húm. (gr)	W seco (gr)	% W	%W Prom
5F	6.1	9.4	8.60	32.00	28.93
792 2F	15.1	17.8	17.20	28.57	
65	6.1	8.5	8.00	26.32	
54	6.0	8.6	8.00	30.00	
3	6.1	8.4	7.90	27.78	
LIMITES DE ATTERBERG					
Límite líquido:		32.29 %			
Límite plástico:		28.93 %	Índice plástico:	3.36	
SUELO BAJA PLASTICIDAD					

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO		
SISTEMA	AASHTO	A-2-4
	SUCS	SP-ML

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 128 Proctor Modificado, muestra 1



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



Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Calle S/N, sector San Pedro	Normas:	AASHTO T 180 2018
Profundidad:	54 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	28-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	1	Coordenadas:	X= 765326,24 Y= 9847819,38

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	16692.2	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2316.56	cm ³		
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000	6000			
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	7	11	15	19				
P. molde + suelo húmedo (gr)	20700	21400	21750	21500				
P.suelo húmedo Wm (gr)	4007.8	4707.8	5057.8	4807.8				
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.730	2.032	2.183	2.075				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del recipiente W _r	5.10	5.40	5.30	5.60	5.20	5.10	5.60	5.60
Rec+suelo húmedo W _r + W _m	67.20	69.50	65.30	73.20	83.40	64.30	88.30	88.70
Rec+suelo seco W _s + W _m	61.40	64.30	57.40	65.30	72.10	56.30	75.30	74.40
Peso sólidos W _s	56.30	58.90	52.10	59.70	66.90	51.20	69.70	68.80
Peso del agua W _w	5.80	5.20	7.90	7.90	11.30	8.00	13.00	14.30
Cont. de humedad w%	10.30	8.83	15.16	13.23	16.89	15.63	18.65	20.78
Cont. de humedad promedio w%	9.57		14.20		16.26		19.72	
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.579		1.780		1.878		1.734	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p align="center">CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</p>						<p>Máxima densidad seca: 1.838 gr/cm³</p> <p>Contenido de humedad óptimo: 16.00%</p>		
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,838 gr/cm³. la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 16,00 %, sin embargo pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 129 Proctor Modificado, muestra 2



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



Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Calle S/N, sector San Pedro	Normas:	AASHTO T 180 2018
Profundidad:	60 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	28-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	2	Coordenadas:	X= 765214,47 Y= 9847271,32

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	16692.2	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2316.56	cm ³		
Peso inicial deseado	6000		6000		6000			6000
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	10	13	16	19				
P. molde + suelo húmedo (gr)	20200	21100	21200	21100				
P.suelo húmedo Wm (gr)	3507.8	4407.8	4507.8	4407.8				
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.514	1.903	1.946	1.903				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del recipiente W _r	5.20	5.40	5.40	5.30	5.80	5.80	4.80	5.20
Rec+suelo húmedo W _r + W _m	72.40	60.10	74.00	66.00	77.00	75.00	76.20	74.10
Rec+suelo seco W _s + W _m	68.40	56.70	68.50	62.00	70.00	70.50	68.10	69.40
Peso sólidos W _s	63.20	51.30	63.10	56.70	64.20	64.70	63.30	64.20
Peso del agua W _w	4.00	3.40	5.50	4.00	7.00	4.50	8.10	4.70
Cont. de humedad w%	6.33	6.63	8.72	7.05	10.90	6.96	12.80	7.32
Cont. de humedad promedio w%	6.48		7.89		8.93		10.06	
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.422		1.764		1.786		1.729	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
						<p>Máxima densidad seca: 1.810 gr/cm³</p> <p>Contenido de humedad óptimo: 8.83%</p>		
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.810 gr/cm³. la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 8.83 %, sin embargo pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 130 Proctor Modificado, muestra 3



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



Parroquia: Pinguilí
Vía: Vía Pinguilí
Profundidad: 63 cm
Fecha: 28-Dic-2020
Muestra: 3

Proyecto: Tesis de Grado
Normas: AASHTO T 180 2018
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 764835,02 Y= 9845550,33

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	16692.2	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2316.56	cm ³		
Peso inicial deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	10	13	16	19				
P. molde + suelo húmedo (gr)	21000	21200	21300	21350				
P.suelo húmedo Wm (gr)	4307.8	4507.8	4607.8	4657.8				
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.860	1.946	1.989	2.011				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del recipiente Wr	5.10	5.30	5.30	5.10	5.20	5.30	5.40	5.50
Rec+suelo húmedo Wr + Wm	71.50	67.30	70.00	66.70	67.20	76.40	85.40	95.80
Rec+suelo seco Ws + Wm	65.00	62.70	63.00	61.00	60.20	67.30	75.10	83.20
Peso sólidos Ws	59.90	57.40	57.70	55.90	55.00	62.00	69.70	77.70
Peso del agua Ww	6.50	4.60	7.00	5.70	7.00	9.10	10.30	12.60
Cont. de humedad w%	10.85	8.01	12.13	10.20	12.73	14.68	14.78	16.22
Cont. de humedad promedio w%	9.43		11.16		13.70		15.50	
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.699		1.750		1.749		1.741	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p>CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</p>						<p>Máxima densidad seca: 1.758 gr/cm³</p> <p>Contenido de humedad óptimo: 13.25%</p>		
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.758 gr/cm³. la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 13.25 %. sin embargo pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 131 Proctor Modificado, muestra 4



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



Parroquia: Pinguilí
Vía: Vía Pinguilí
Profundidad: 62 cm
Fecha: 29-Dic-2020
Muestra: 4

Proyecto: Tesis de Grado
Normas: AASHTO T 180 2018
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 764062,35 Y= 9845219,09

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	16692.2	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2316.56	cm ³		
Peso inicial deseado	6000		6000		6000			6000
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	7	10	13	16				
P. molde + suelo húmedo (gr)	20800	21100	21300	21300				
P.suelo húmedo Wm (gr)	4107.8	4407.8	4607.8	4607.8				
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.773	1.903	1.989	1.989				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del recipiente W _r	5.40	5.60	5.20	5.50	5.50	5.30	5.30	5.60
Rec+suelo húmedo W _r + W _m	70.00	65.00	67.80	65.00	68.00	65.00	78.80	70.00
Rec+suelo seco W _s + W _m	63.00	61.00	61.00	59.00	60.00	58.00	68.00	61.00
Peso sólidos W _s	57.60	55.40	55.80	53.50	54.50	52.70	62.70	55.40
Peso del agua W _w	7.00	4.00	6.80	6.00	8.00	7.00	10.80	9.00
Cont. de humedad w%	12.15	7.22	12.19	11.21	14.68	13.28	17.22	16.25
Cont. de humedad promedio w%	9.69		11.70		13.98		16.74	
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.617		1.703		1.745		1.704	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
						<p>Máxima densidad seca: 1.745 gr/cm³</p> <p>Contenido de humedad óptimo: 14.00%</p>		
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,745 gr/cm³. la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 14.00 %, sin embargo pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 132 Proctor Modificado, muestra 5



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	Normas:	AASHTO T 180 2018
Profundidad:	65 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	29-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	5	Coordenadas:	X= 763649,56 Y= 9849055,37

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	16692.2	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2316.56	cm³		
Peso inicial deseado	6000		6000		6000			6000
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	5	8	11	14				
P. molde + suelo húmedo (gr)	20900	21050	21200	21300				
P.suelo húmedo Wm (gr)	4207.8	4357.8	4507.8	4607.8				
Peso unitario húmedo (gr/cm³)	1.816	1.881	1.946	1.989				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del recipiente Wr	5.40	5.20	5.30	5.30	5.30	5.60	5.30	5.50
Rec+suelo húmedo Wr + Wm	71.00	68.60	75.80	68.70	77.10	70.00	81.30	82.00
Rec+suelo seco Ws + Wm	66.00	63.00	69.10	62.70	68.70	63.00	70.00	72.00
Peso sólidos Ws	60.60	57.80	63.80	57.40	63.40	57.40	64.70	66.50
Peso del agua Ww	5.00	5.60	6.70	6.00	8.40	7.00	11.30	10.00
Cont. de humedad w%	8.25	9.69	10.50	10.45	13.25	12.20	17.47	15.04
Cont. de humedad promedio w%	8.97		10.48		12.72		16.25	
Peso volumétrico seco (gr/cm³)	1.667		1.703		1.726		1.711	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p align="center">CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</p>						<p>Máxima densidad seca: 1.730 gr/cm³</p> <p>Contenido de humedad óptimo: 13.72%</p>		
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.730 gr/cm³. la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 13.72%, sin embargo pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 133 Proctor Modificado, muestra 6



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	Normas:	AASHTO T 180 2018
Profundidad:	68 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	29-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	6	Coordenadas:	X= 763276,53 Y= 9848601,9

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	16692.2	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2316.56	cm ³		
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000				
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	7	10	13	16				
P. molde + suelo húmedo (gr)	20700	21400	21600	21650				
P.suelo húmedo Wm (gr)	4007.8	4707.8	4907.8	4957.8				
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.730	2.032	2.119	2.140				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del recipiente W _r	5.30	5.40	5.50	5.20	5.20	5.40	5.20	5.30
Rec+suelo húmedo W _r + W _m	69.80	70.00	70.80	70.00	76.10	73.20	91.70	74.10
Rec+suelo seco W _s + W _m	65.10	64.80	65.00	64.20	68.70	62.10	70.30	70.50
Peso sólidos W _s	59.80	59.40	59.50	59.00	63.50	56.70	65.10	65.20
Peso del agua W _w	4.70	5.20	5.80	5.80	7.40	11.10	21.40	3.60
Cont. de humedad w%	7.86	8.75	9.75	9.83	11.65	19.58	32.87	5.52
Cont. de humedad promedio w%	8.31		9.79		15.62		19.20	
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.597		1.851		1.832		1.795	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p align="center">CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</p>						<p>Máxima densidad seca: 2.143 gr/cm³</p> <p>Contenido de humedad óptimo: 13.30%</p>		
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 2,143 gr/cm³. la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 13.30 %, sin embargo pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 134 Proctor Modificado, muestra 7



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Juan León Mera, sector Mocha	Normas:	AASHTO T 180 2018
Profundidad:	66 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	30-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	7	Coordenadas:	X= 760256,48 Y= 9844242,46

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	16692.2	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2316.56	cm ³		
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000				
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	8	11	15	19				
P. molde + suelo húmedo (gr)	20900	21500	21500	20700				
P.suelo húmedo Wm (gr)	4207.8	4807.8	4807.8	4007.8				
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.816	2.075	2.075	1.730				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del recipiente Wr	5.10	5.10	5.20	5.20	5.20	5.10	5.30	5.30
Rec+suelo húmedo Wr + Wm	68.90	61.00	78.10	60.00	82.20	78.00	75.80	79.10
Rec+suelo seco Ws + Wm	61.80	54.20	67.00	52.10	68.90	65.70	61.80	65.70
Peso sólidos Ws	56.70	49.10	61.80	46.90	63.70	60.60	56.50	60.40
Peso del agua Ww	7.10	6.80	11.10	7.90	13.30	12.30	14.00	13.40
Cont. de humedad w%	12.52	13.85	17.96	16.84	20.88	20.30	24.78	22.19
Cont. de humedad promedio w%	13.19		17.40		20.59		23.48	
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.605		1.768		1.721		1.401	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p align="center">CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</p>						<p>Máxima densidad seca: 1.795 gr/cm³</p> <p>Contenido de humedad óptimo: 17.50%</p>		
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.795 gr/cm³. la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 17.50 %, sin embargo pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 135 Proctor Modificado, muestra 8



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Juan León Mera, sector Mocha	Normas:	AASHTO T 180 2018
Profundidad:	62 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	30-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	8	Coordenadas:	X= 760260 Y= 9843418

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	16692.2	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2316.56	cm ³		
Peso inicial deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	8	11	15	19				
P. molde + suelo húmedo (gr)	20800	21200	21400	21500				
P.suelo húmedo Wm (gr)	4107.8	4507.8	4707.8	4807.8				
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.773	1.946	2.032	2.075				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del recipiente W _r	5.30	5.40	5.40	5.10	5.30	5.20	5.20	5.30
Rec+suelo húmedo W _r + W _m	63.40	62.70	71.80	53.40	69.80	57.40	69.30	72.80
Rec+suelo seco W _s + W _m	58.70	56.70	63.20	47.80	61.00	49.50	58.10	60.30
Peso sólidos W _s	53.40	51.30	57.80	42.70	55.70	44.30	52.90	55.00
Peso del agua W _w	4.70	6.00	8.60	5.60	8.80	7.90	11.20	12.50
Cont. de humedad w%	8.80	11.70	14.88	13.11	15.80	17.83	21.17	22.73
Cont. de humedad promedio w%	10.25		14.00		16.82		21.95	
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.608		1.707		1.740		1.702	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p align="center">CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</p>						<p>Máxima densidad seca: 1.740 gr/cm³</p> <p>Contenido de humedad óptimo: 18.00%</p>		
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1,740 gr/cm³. la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 18.00 %, sin embargo pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 136 Proctor Modificado, muestra 9



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Principal, sector Chilcapamba	Normas:	AASHTO T 180 2018
Profundidad:	65 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	30-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	9	Coordenadas:	X= 757110,63 Y= 9843992,68

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	16692.2	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2316.56	cm ³		
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000				
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	7	10	13	16				
P. molde + suelo húmedo (gr)	20100	20400	20500	20550				
P.suelo húmedo Wm (gr)	3407.8	3707.8	3807.8	3857.8				
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.471	1.601	1.644	1.665				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del recipiente W _r	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	5.00
Rec+suelo húmedo W _r + W _m	62.80	62.40	60.00	59.00	58.40	67.30	73.20	66.50
Rec+suelo seco W _s + W _m	54.50	54.20	51.00	50.00	47.70	56.50	60.20	53.20
Peso sólidos W _s	49.50	49.20	46.00	45.00	42.70	51.50	54.20	48.20
Peso del agua W _w	8.30	8.20	9.00	9.00	10.70	10.80	13.00	13.30
Cont. de humedad w%	16.77	16.67	19.57	20.00	25.06	20.97	23.99	27.59
Cont. de humedad promedio w%	16.72		19.78		23.01		25.79	
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.260		1.336		1.336		1.324	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p align="center">CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</p>						<p>Máxima densidad seca: 1.346 gr/cm³</p> <p>Contenido de humedad óptimo: 22.50%</p>		
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.346 gr/cm³. la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 22.50%, sin embargo pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 137 Proctor Modificado, muestra 10



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Principal, sector Chilcapamba	Normas:	AASHTO T 180 2018
Profundidad:	80 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	31-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	10	Coordenadas:	X= 758397,61 Y= 9842982,1

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	16692.2	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2316.56	cm ³		
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000				
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	7	11	15	19				
P. molde + suelo húmedo (gr)	21100	21400	21600	21700				
P.suelo húmedo Wm (gr)	4407.8	4707.8	4907.8	5007.8				
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.903	2.032	2.119	2.162				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del recipiente W _r	5.30	5.10	5.20	5.40	5.10	5.40	5.40	5.20
Rec+suelo húmedo W _r + W _m	74.50	76.40	81.20	77.90	83.40	82.90	56.70	54.90
Rec+suelo seco W _s + W _m	68.80	71.10	72.10	70.50	74.30	71.20	44.70	50.30
Peso sólidos W _s	63.50	66.00	66.90	65.10	69.20	65.80	39.30	45.10
Peso del agua W _w	5.70	5.30	9.10	7.40	9.10	11.70	12.00	4.60
Cont. de humedad w%	8.98	8.03	13.60	11.37	13.15	17.78	30.53	10.20
Cont. de humedad promedio w%	8.50		12.48		15.47		20.37	
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.754		1.807		1.835		1.796	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p align="center">CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</p>						<p>Máxima densidad seca: 1.829 gr/cm³</p> <p>Contenido de humedad óptimo: 15.80%</p>		
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.829 gr/cm³. la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 15.80 %, sin embargo pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 138 Proctor Modificado, muestra 11



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía S/N sector Hacienda Atillo	Normas:	AASHTO T 180 2018
Profundidad:	55 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	31-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	11	Coordenadas:	X= 757136,19 Y= 9842106,66

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	16692.2	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2316.56	cm ³		
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000				
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	7	10	13	16				
P. molde + suelo húmedo (gr)	20000	21100	21370	21400				
P.suelo húmedo Wm (gr)	3307.8	4407.8	4677.8	4707.8				
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.428	1.903	2.019	2.032				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del recipiente Wr	5.20	5.10	5.30	5.10	5.10	5.20	5.30	5.20
Rec+suelo húmedo Wr + Wm	76.80	71.90	72.10	68.90	52.10	61.80	74.50	70.90
Rec+suelo seco Ws + Wm	66.90	62.10	61.10	58.80	42.90	52.10	61.00	57.10
Peso sólidos Ws	61.70	57.00	55.80	53.70	37.80	46.90	55.70	51.90
Peso del agua Ww	9.90	9.80	11.00	10.10	9.20	9.70	13.50	13.80
Cont. de humedad w%	16.05	17.19	19.71	18.81	24.34	20.68	24.24	26.59
Cont. de humedad promedio w%	16.62		19.26		22.51		25.41	
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.224		1.595		1.648		1.620	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p align="center">CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</p>						<p>Máxima densidad seca: 1.700 gr/cm³</p> <p>Contenido de humedad óptimo: 22.60%</p>		
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.700 gr/cm³. la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 22.60 %, sin embargo pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 139 Proctor Modificado, muestra 12



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



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía S/N sector Hacienda Atillo	Normas:	AASHTO T 180 2018
Profundidad:	48 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	31-Dic-2020	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	12	Coordenadas:	X= 757162,09 Y= 9841869,62

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de golpes	56	Altura de caída	18"	Peso del molde	16692.2	gr		
Número de capas	5	Peso del martillo	10 lb	Volumen del molde	2316.56	cm ³		
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000				
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	10	13	16	19				
P. molde + suelo húmedo (gr)	20400	20600	20800	20900				
P.suelo húmedo Wm (gr)	3707.8	3907.8	4107.8	4207.8				
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.601	1.687	1.773	1.816				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del recipiente W _r	5.10	5.10	5.30	5.20	5.10	5.10	5.30	5.20
Rec+suelo húmedo W _r + W _m	59.80	54.10	64.90	57.10	69.90	67.00	61.20	61.00
Rec+suelo seco W _s + W _m	52.90	47.90	55.90	50.20	61.00	55.60	51.00	49.00
Peso sólidos W _s	47.80	42.80	50.60	45.00	55.90	50.50	45.70	43.80
Peso del agua W _w	6.90	6.20	9.00	6.90	8.90	11.40	10.20	12.00
Cont. de humedad w%	14.44	14.49	17.79	15.33	15.92	22.57	22.32	27.40
Cont. de humedad promedio w%	14.46		16.56		19.25		24.86	
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.398		1.447		1.487		1.455	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p align="center">CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</p>					<p>Máxima densidad seca: 1.494 gr/cm³</p> <p>Contenido de humedad óptimo: 21.00%</p>			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.494 gr/cm³. la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 21.00 %, sin embargo pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 140 CBR de Laboratorio, muestra 1



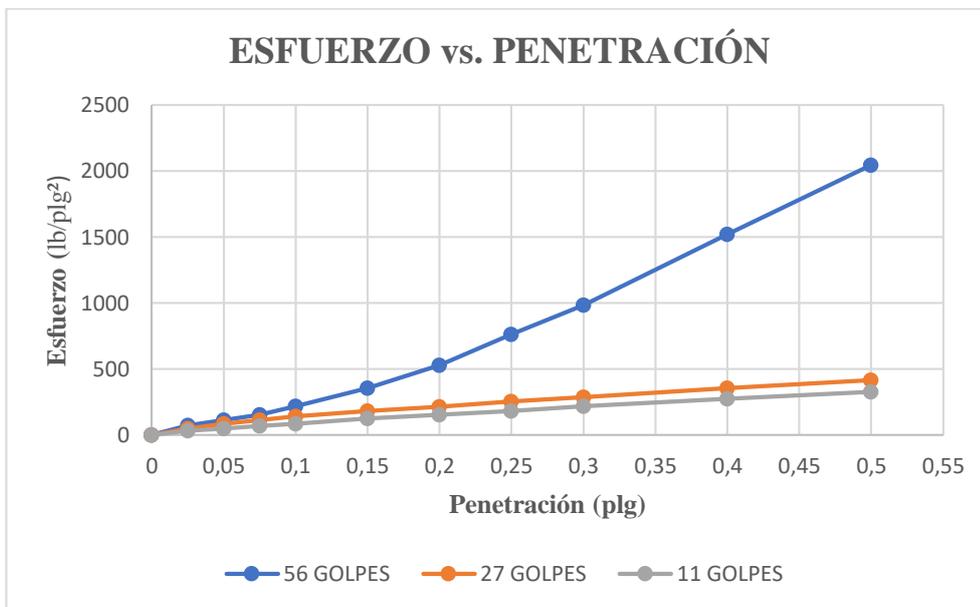
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



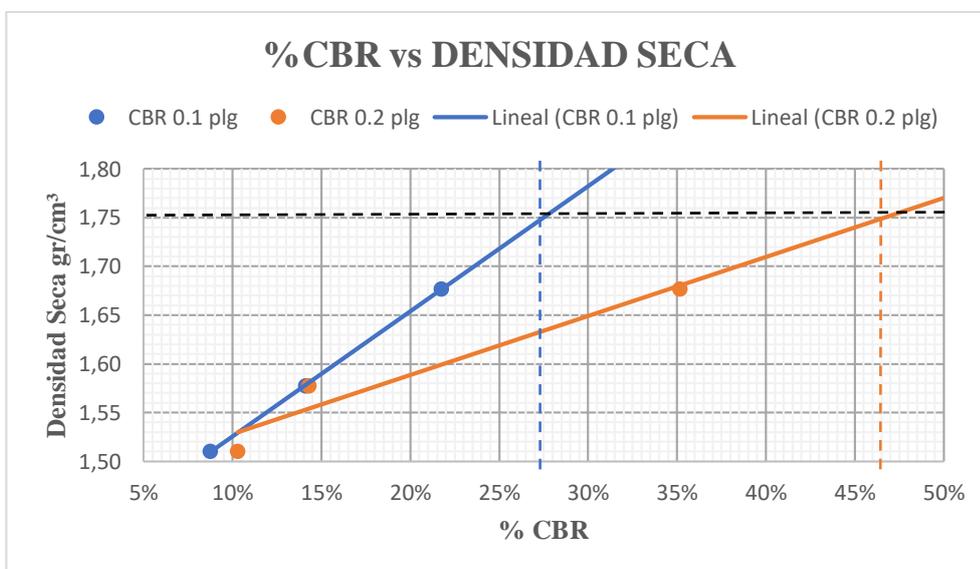
Parroquia:	Pingüilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Calle S/N, sector San Pedro	Normas:	AASHTO T 193 2013
Profundidad:	54 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	19-Febr-2021	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	1	Coordenadas:	X= 765326,24 Y= 9847819,38

CBR DE LABORATORIO - AASHTO T 193 2013						
MOLDE N°	1		2		3	
N° capas	5		5		5	
N° golpes por capa	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	12009		10047		9881	
Masa molde (gr)	7943		5838		5843	
Masa muestra húmeda (gr)	4482		4209		4038	
Volumen muestra (cm ³)	2365.57		2304.52		2268.23	
Peso unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.89		1.83		1.78	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip. (gr)	155.1	184.1	179.3	168.7	187.2	202.1
Masa suelo seco + recip. (gr)	142.3	164.8	161.1	148.6	163.4	176.8
Masa del agua (gr)	12.8	19.3	18.2	20.1	23.8	25.3
Masa del recip. (gr)	30.1	32.6	34.3	31.9	31.8	33.6
Masa suelo seco	112.2	132.2	126.8	116.7	131.6	143.2
Contenido de humedad W (%)	11.41	14.60	14.35	17.22	18.09	17.67
W (%) Promedio	13.00		15.79		17.88	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.677		1.577		1.510	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	12497		10223		10161	
Masa molde (gr)	7943		5838		5843	
Masa muestra húmeda (gr)	4554		4385		4318	
Masa agua absorbida (gr)	72		176		280	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + tarro (gr)	94.8	94.3	175.3	81.7	119.1	114.5
Masa del suelo seco + tarro (gr)	81.6	81.6	146.2	70.8	100.7	97.7
Masa del agua (gr)	13.2	12.7	29.1	10.9	18.4	16.8
Masa del tarro (gr)	30.7	30.9	32.9	30.7	32.5	33.2
Masa suelo seco	50.9	50.7	113.3	40.1	68.2	64.5
Contenido de humedad W (%)	25.93	25.05	25.68	27.18	26.98	26.05
W (%) Promedio	25.49		26.43		26.51	
ENSAYO						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg.)	dial	Presión (lb/plg.²)	dial	Presión (lb/plg.²)	dial	Presión (lb/plg.²)
0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
0.025	218.3	72.77	153.3	51.10	97.00	32.33
0.05	347.1	115.70	258.3	86.10	153.30	51.10
0.075	462.3	154.10	343.8	114.60	203.90	67.97
0.1	652.3	217.43	423.6	141.20	263.00	87.67
0.15	1068.3	356.10	548.3	182.77	376.80	125.60
0.2	1583.2	527.73	643.9	214.63	463.30	154.43
0.25	2293.6	764.53	763.6	254.53	550.80	183.60
0.3	2953.9	984.63	863.4	287.80	652.30	217.43

0.4	4562.8	1520.93	1063.6	354.53	823.90	274.63
0.5	6136.8	2045.60	1246.3	415.43	988.30	329.43



PORCENTAJES CBR (Corregidos)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.1 plg.	Densidad seca	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.2 plg.	Densidad seca
1	217.43	21.74%	1.677	527.73	35.18%	1.677
2	141.2	14.12%	1.577	214.63	14.31%	1.577
3	87.67	8.77%	1.510	154.43	10.30%	1.510
DENSIDAD SECA MAXIMA		1.838				
DSM		%CBR 0.1 plg.	%CBR 0.2 plg.	%CBR mayor		
95%		1.746	27.30%	46.50%	46.50%	



Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 141 CBR de Laboratorio, muestra 2



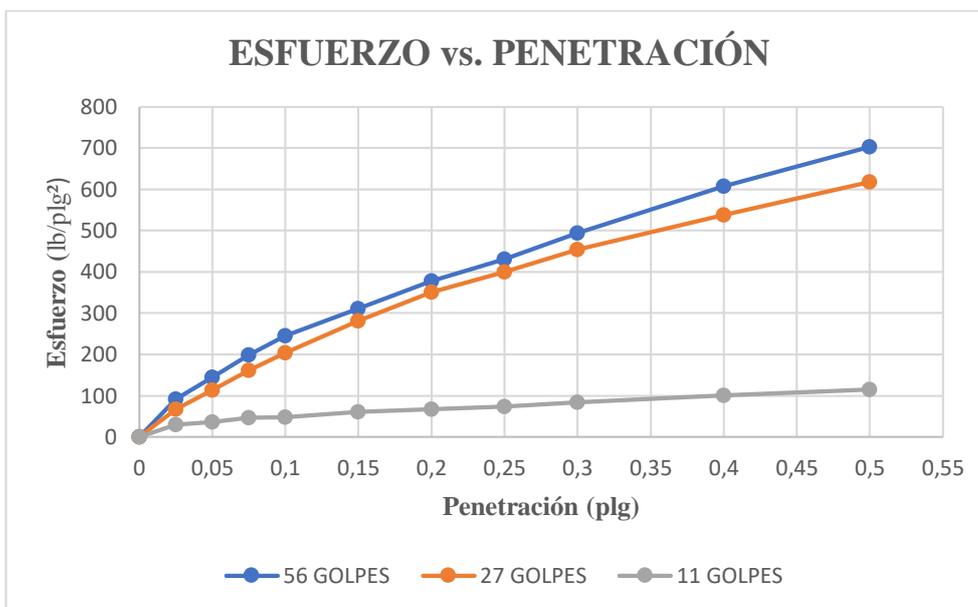
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



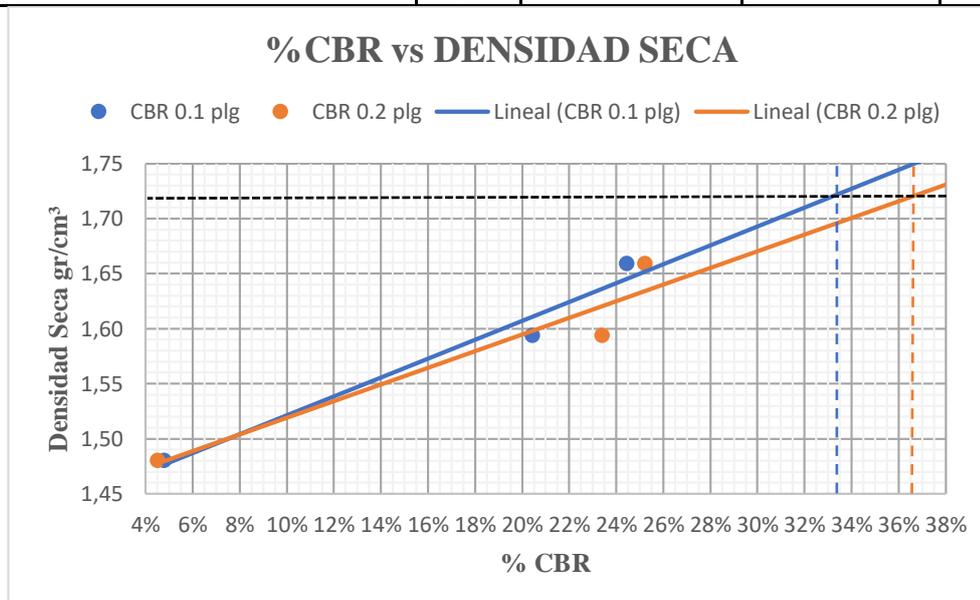
Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Calle S/N, sector San Pedro	Normas:	AASHTO T 193 2013
Profundidad:	60 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	14-Abr-2021	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	2	Coordenadas:	X= 765214,47 Y= 9847271,32

CBR DE LABORATORIO - AASHTO T 193 2013						
MOLDE N°	1		2		3	
N° capas	5		5		5	
N° golpes por capa	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	10838		9807		13407	
Masa molde (gr)	6759		5831		9628	
Masa muestra húmeda (gr)	4079		3976		3779	
Volumen muestra (cm ³)	2244.28		2261.95		2322.67	
Peso unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.818		1.758		1.627	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip. (gr)	172.8	207.2	189.4	224.9	176.6	192.7
Masa suelo seco + recip. (gr)	159.5	193	175.6	205.9	163.5	177.9
Masa del agua (gr)	13.3	14.2	13.8	19	13.1	14.8
Masa del recip. (gr)	30.5	31.7	32.8	32.2	29.8	30.6
Masa suelo seco	129	161.3	142.8	173.7	133.7	147.3
Contenido de humedad W (%)	10.31	8.80	9.66	10.94	9.80	10.05
W (%) Promedio	9.56		10.30		9.92	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.659		1.594		1.480	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10941		9974		13549	
Masa molde (gr)	6759		5831		9628	
Masa muestra húmeda (gr)	4182		4143		3921	
Masa agua absorbida (gr)	103		167		142	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + tarro (gr)	100.6	109.4	80.2	84.4	99.4	117.8
Masa del suelo seco + tarro (gr)	87.6	94.7	70.9	73.7	83.3	96.7
Masa del agua (gr)	13	14.7	9.3	10.7	16.1	21.1
Masa del tarro (gr)	30.9	30.8	27.7	24	24.8	24.2
Masa suelo seco	56.7	63.9	43.2	49.7	58.5	72.5
Contenido de humedad W (%)	22.93	23.00	21.53	21.53	27.52	29.10
W (%) Promedio	22.97		21.53		28.31	
ENSAYO						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg.)	dial	Presión (lb/plg. ²)	dial	Presión (lb/plg. ²)	dial	Presión (lb/plg. ²)
	0	0	0	0.00	0.00	0.00
0.025	274.2	91.40	200.3	66.77	89.30	29.77
0.05	433.8	144.60	341.7	113.90	110.20	36.73
0.075	595.6	198.53	483.1	161.03	138.50	46.17
0.1	733.6	244.53	613.6	204.53	143.90	47.97
0.15	932.1	310.70	843.1	281.03	182.70	60.90
0.2	1134.8	378.27	1053.3	351.10	203.40	67.80
0.25	1291.3	430.43	1198.4	399.47	221.60	73.87
0.3	1483.7	494.57	1363.3	454.43	253.40	84.47

0.4	1822.1	607.37	1613.9	537.97	302.20	100.73
0.5	2108.4	702.80	1854.2	618.07	346.30	115.43



PORCENTAJES CBR (Corregidos)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.1 plg.	Densidad seca	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.2 plg.	Densidad seca
1	244.53	24.45%	1.659	378.27	25.22%	1.659
2	204.53	20.45%	1.594	351.10	23.41%	1.594
3	47.97	4.80%	1.480	67.80	4.52%	1.480
DENSIDAD SECA MAXIMA		1.810				
DSM		%CBR 0.1 plg.	%CBR 0.2 plg.	%CBR mayor		
95%		1.720	33.40%	36.55%	36.55%	



Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 142 CBR de Laboratorio, muestra 3



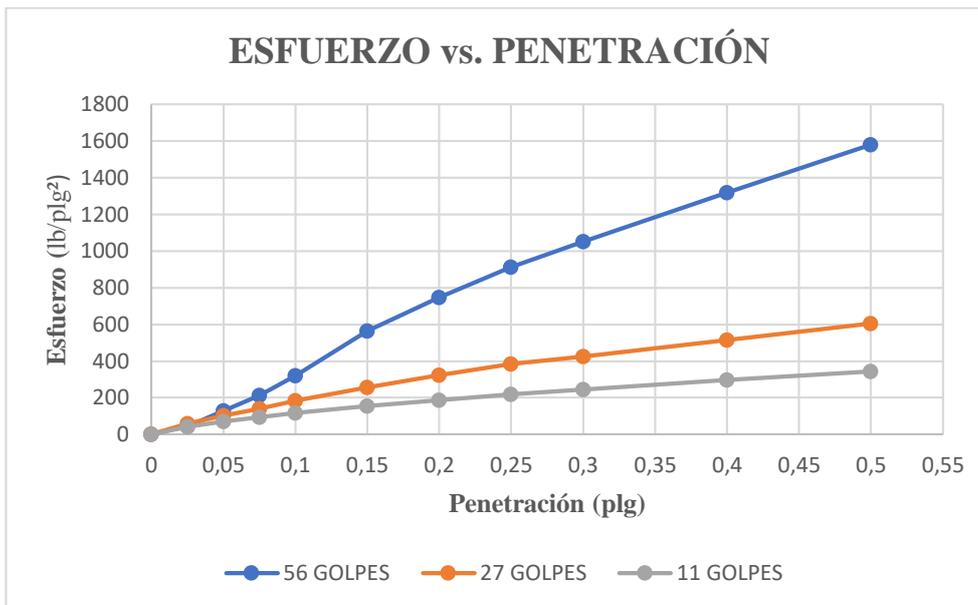
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



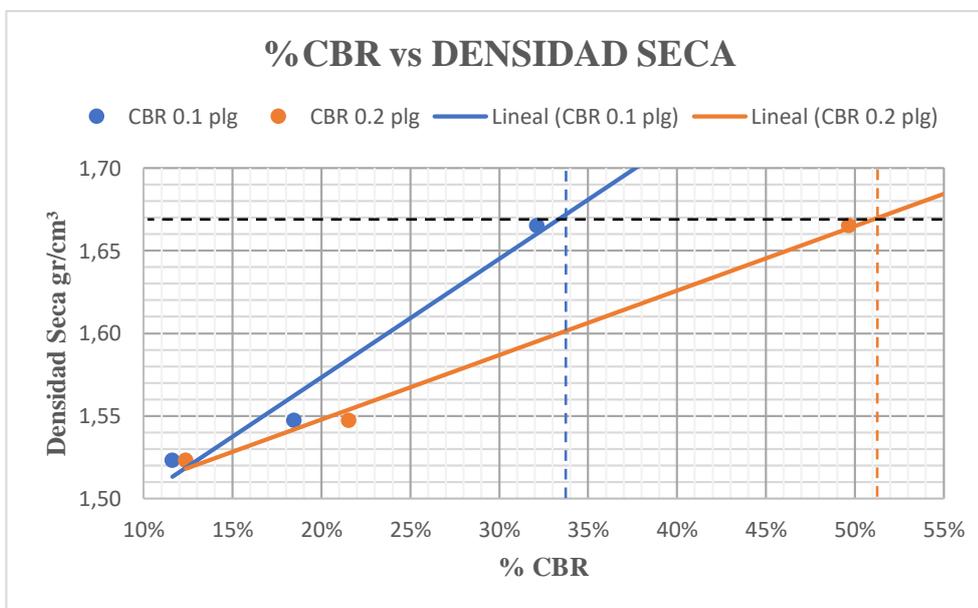
Parroquia:	Pinguilí	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía Pinguilí	Normas:	AASHTO T 193 2013
Profundidad:	63 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	05-Mar-2021	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	3	Coordenadas:	X= 764835,02 Y= 9845550,33

CBR DE LABORATORIO - AASHTO T 193 2013						
MOLDE N°	1		2		3	
N° capas	5		5		5	
N° golpes por capa	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	11432		12425		9860	
Masa molde (gr)	6979		8282		5843	
Masa muestra húmeda (gr)	4453		4143		4017	
Volumen muestra (cm ³)	2356.24		2349.89		2328.02	
Peso unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.89		1.76		1.73	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip. (gr)	170.4	127.6	116.8	130.1	164	133.9
Masa suelo seco + recip. (gr)	153.7	116.3	106.1	118.2	148.8	121.6
Masa del agua (gr)	16.7	11.3	10.7	11.9	15.2	12.3
Masa del recip. (gr)	32.8	30.4	31.1	30.8	32.6	30.6
Masa suelo seco	120.9	85.9	75	87.4	116.2	91
Contenido de humedad W (%)	13.81	13.15	14.27	13.62	13.08	13.52
W (%) Promedio	13.48		13.94		13.30	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.665		1.547		1.523	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11606		12680		10176	
Masa molde (gr)	6979		8282		5843	
Masa muestra húmeda (gr)	4627		4398		4333	
Masa agua absorbida(gr)	174		255		316	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + tarro (gr)	173.9	175.9	151.5	162.8	166	164.1
Masa del suelo seco + tarro (gr)	150.2	154.6	131.1	143.8	141.6	142.6
Masa del agua (gr)	23.7	21.3	20.4	19	24.4	21.5
Masa del tarro (gr)	30.1	30.7	33.1	33.6	30.2	33.2
Masa suelo seco	120.1	123.9	98	110.2	111.4	109.4
Contenido de humedad W (%)	19.73	17.19	20.82	17.24	21.90	19.65
W (%) Promedio	18.46		19.03		20.78	
ENSAYO						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg.)	dial	Presión (lb/plg. ²)	dial	Presión (lb/plg. ²)	dial	Presión (lb/plg. ²)
0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
0.025	130.6	43.53	178.2	59.40	121.80	40.60
0.05	389.7	129.90	309.2	103.07	209.10	69.70
0.075	636.3	212.10	423.3	141.10	281.40	93.80
0.1	963.8	321.27	553.8	184.60	348.20	116.07
0.15	1693	564.33	770	256.67	468.20	156.07
0.2	2236	745.33	969	323.00	557.10	185.70
0.25	2737.6	912.53	1152	384.00	659.20	219.73
0.3	3152.6	1050.87	1273.3	424.43	731.60	243.87

0.4	3951.4	1317.13	1539.7	513.23	889.30	296.43
0.5	4739.7	1579.90	1813.9	604.63	1028.20	342.73



PORCENTAJES CBR (Corregidos)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.1 plg.	Densidad seca	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.2 plg.	Densidad seca
1	321.27	32.13%	1.665	745.33	49.69%	1.665
2	184.6	18.46%	1.547	323	21.53%	1.547
3	116.07	11.61%	1.523	185.70	12.38%	1.523
DENSIDAD SECA MAXIMA			1.758			
DSM		%CBR 0.1 plg.	%CBR 0.2 plg.	%CBR mayor		
95%		1.670	33.75%	51.30%	51.30%	



Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 143 CBR de Laboratorio, muestra 4



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

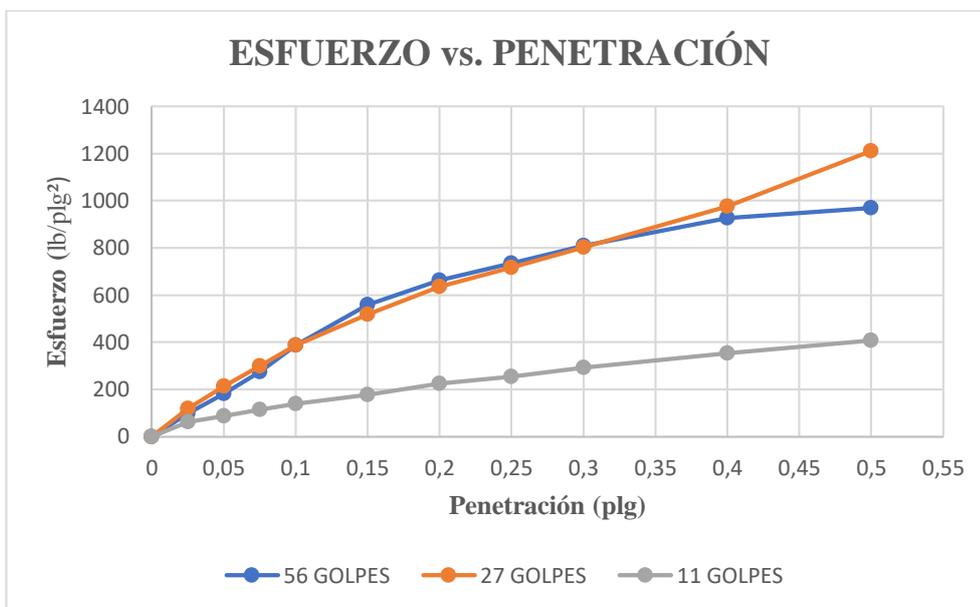


Parroquia: Pinguilí
Vía: Vía Pinguilí
Profundidad: 62 cm
Fecha: 30-Mar-2021
Muestra: 4

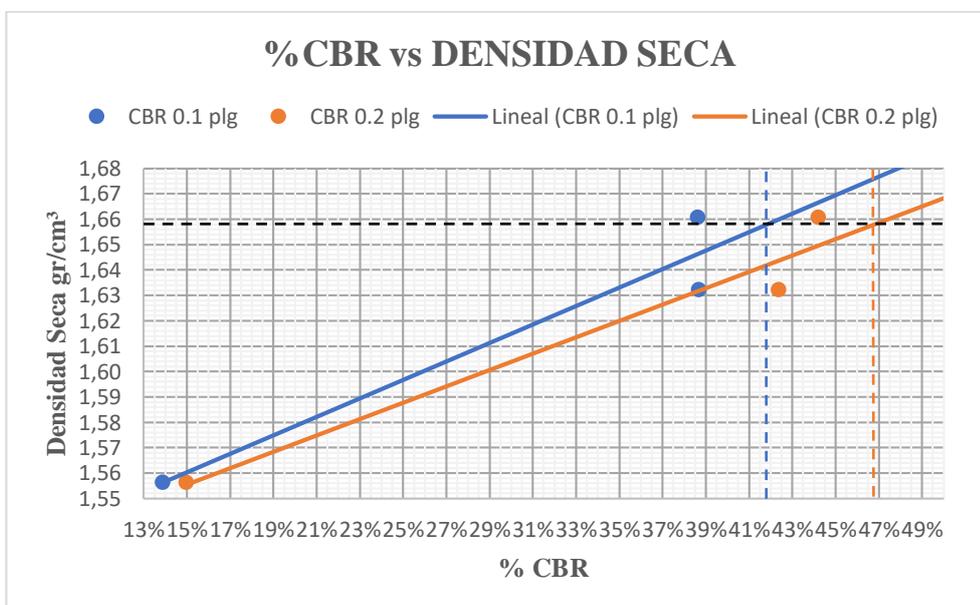
Proyecto: Tesis de Grado
Normas: AASHTO T 193 2013
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 764062,35 Y= 9845219,09

CBR DE LABORATORIO - AASHTO T 193 2013						
MOLDE N°	1		2		3	
N° capas	5		5		5	
N° golpes por capa	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	12487		11026		13412	
Masa molde (gr)	7935		6759		9305	
Masa muestra húmeda (gr)	4552		4267		4107	
Volumen muestra (cm ³)	2408.49		2297.29		2322.67	
Peso unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.89		1.86		1.77	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip. (gr)	167.9	180.8	174.2	179.2	169.6	164.8
Masa suelo seco + recip. (gr)	151	162.8	156.7	161.6	153.4	148.9
Masa del agua (gr)	16.9	18	17.5	17.6	16.2	15.9
Masa del recip. (gr)	30.8	30.1	30.4	33.6	33.4	33.2
Masa suelo seco	120.2	132.7	126.3	128	120	115.7
Contenido de humedad W (%)	14.06	13.56	13.86	13.75	13.50	13.74
W (%) Promedio	13.81		13.80		13.62	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.661		1.632		1.556	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	12642		11215		13683	
Masa molde (gr)	7935		6759		9305	
Masa muestra húmeda (gr)	4707		4456		4378	
Masa agua absorbida (gr)	155		189		271	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + tarro (gr)	151.6	144.7	98.7	101.5	100.1	102.1
Masa del suelo seco + tarro (gr)	132.7	127.8	83.7	85.9	86.7	88.6
Masa del agua (gr)	18.9	16.9	15	15.6	13.4	13.5
Masa del tarro (gr)	30.7	30.1	7.2	7.6	26.4	24.3
Masa suelo seco	102	97.7	76.5	78.3	60.3	64.3
Contenido de humedad W (%)	18.53	17.30	19.61	19.92	22.22	21.00
W (%) Promedio	17.91		19.77		21.61	
ENSAYO						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg.)	dial	Presión (lb/plg. ²)	dial	Presión (lb/plg. ²)	dial	Presión (lb/plg. ²)
0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
0.025	298	99.33	358.8	119.60	183.80	61.27
0.05	543.3	181.10	637.9	212.63	263.80	87.93
0.075	825.3	275.10	895.8	298.60	340.60	113.53
0.1	1158.6	386.20	1160	386.67	416.50	138.83
0.15	1674.9	558.30	1556.7	518.90	532.60	177.53
0.2	1989.8	663.27	1906.8	635.60	673.50	224.50
0.25	2204.8	734.93	2147.4	715.80	764.80	254.93
0.3	2426.9	808.97	2409.8	803.27	879.50	293.17

0.4	2778.6	926.20	2931.9	977.30	1058.60	352.87
0.5	2906.7	968.90	3629.9	1209.97	1225.80	408.60



PORCENTAJES CBR (Corregidos)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.1 plg.	Densidad seca	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.2 plg.	Densidad seca
1	386.20	38.62%	1.661	663.27	44.22%	1.661
2	386.67	38.67%	1.632	635.60	42.37%	1.632
3	138.83	13.88%	1.556	224.50	14.97%	1.556
DENSIDAD SECA MAXIMA		2.00				
DSM		%CBR 0.1 plg.	%CBR 0.2 plg.	%CBR mayor		
95%		1.658	41.75%	46.75%	46.75%	



Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 144 CBR de Laboratorio, muestra 5



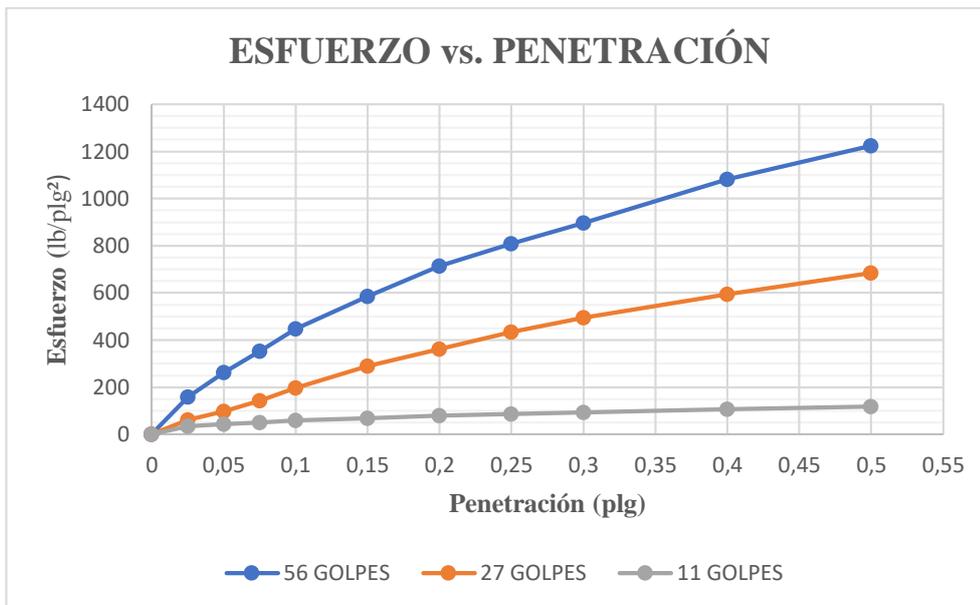
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



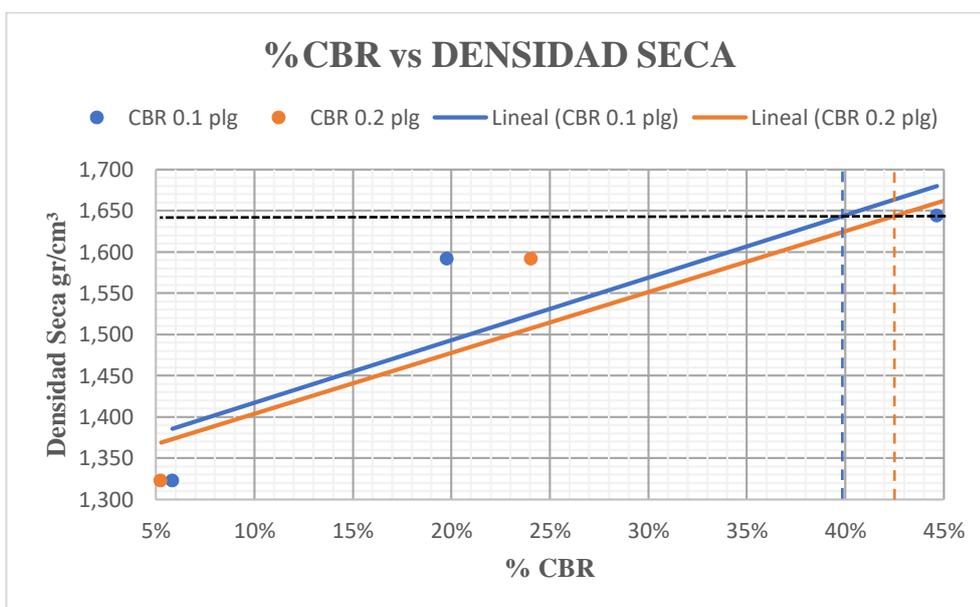
Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	Normas:	AASHTO T 193 2013
Profundidad:	65 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	19-Febr-2021	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	5	Coordenadas:	X= 763649,56 Y= 9849055,37

CBR DE LABORATORIO - AASHTO T 193 2013						
MOLDE N°	1		2		3	
N° capas	5		5		5	
N° golpes por capa	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	10763		13799		11771	
Masa molde (gr)	6470		9641		8253	
Masa muestra húmeda (gr)	4293		4158		3518	
Volumen muestra (cm ³)	2286.38		2286.38		2316.56	
Peso unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.88		1.82		1.52	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip. (gr)	113.1	191.2	166.7	182	174.1	102.8
Masa suelo seco + recip. (gr)	102.8	171.4	149.6	163.6	155.5	93.6
Masa del agua (gr)	10.3	19.8	17.1	18.4	18.6	9.2
Masa del recip. (gr)	31.3	30.7	32.1	32.3	32.9	30.4
Masa suelo seco	71.5	140.7	117.5	131.3	122.6	63.2
Contenido de humedad W (%)	14.41	14.07	14.55	14.01	15.17	14.56
W (%) Promedio	14.24		14.28		14.86	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.644		1.591		1.322	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11008		14105		12183	
Masa molde (gr)	6470		9641		8253	
Masa muestra húmeda (gr)	4538		4464		3930	
Masa agua absorbida (gr)	245		306		412	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + tarro (gr)	100.1	101	92.1	79.1	138.9	132.4
Masa del suelo seco + tarro (gr)	86.4	87.7	80.4	69.5	115.3	110.5
Masa del agua (gr)	13.7	13.3	11.7	9.6	23.6	21.9
Masa del tarro (gr)	31.3	32	30.9	30.5	33.4	31.7
Masa suelo seco	55.1	55.7	49.5	39	81.9	78.8
Contenido de humedad W (%)	24.86	23.88	23.64	24.62	28.82	27.79
W (%) Promedio	24.37		24.13		28.30	
ENSAYO						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg.)	dial	Presión (lb/plg.²)	dial	Presión (lb/plg.²)	dial	Presión (lb/plg.²)
0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
0.025	474.3	158.10	183.8	61.27	102.30	34.10
0.05	786.4	262.13	296.7	98.90	130.30	43.43
0.075	1059.7	353.23	430.2	143.40	153.60	51.20
0.1	1339.8	446.60	593.9	197.97	175.20	58.40
0.15	1754.6	584.87	866.3	288.77	207.30	69.10
0.2	2142.1	714.03	1083.3	361.10	236.80	78.93
0.25	2428.3	809.43	1302.8	434.27	259.60	86.53
0.3	2689.7	896.57	1487.2	495.73	280.80	93.60

0.4	3245.7	1081.90	1782.3	594.10	319.30	106.43
0.5	3674.1	1224.70	2052.6	684.20	356.60	118.87



PORCENTAJES CBR (Corregidos)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.1 plg.	Densidad seca	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.2 plg.	Densidad seca
1	446.60	44.66%	1.644	714.03	47.60%	1.644
2	197.97	19.80%	1.591	361.10	24.07%	1.591
3	58.40	5.84%	1.322	78.93	5.26%	1.322
DENSIDAD SECA MAXIMA		1.730				
DSM		%CBR 0.1 plg.	%CBR 0.2 plg.	%CBR mayor		
95%		1.644	39.80%	42.50%	42.50%	



Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 145 CBR de Laboratorio, muestra 6



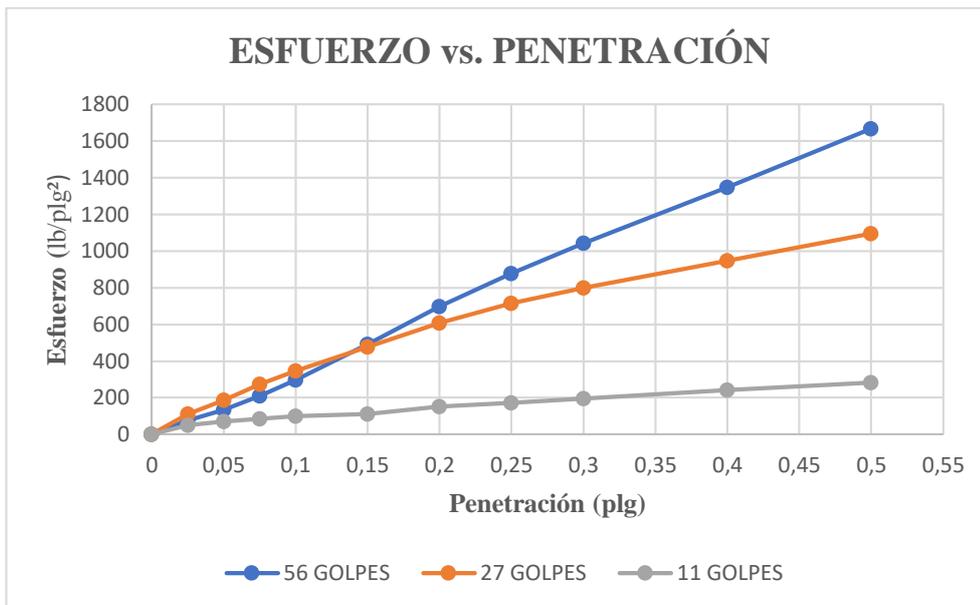
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



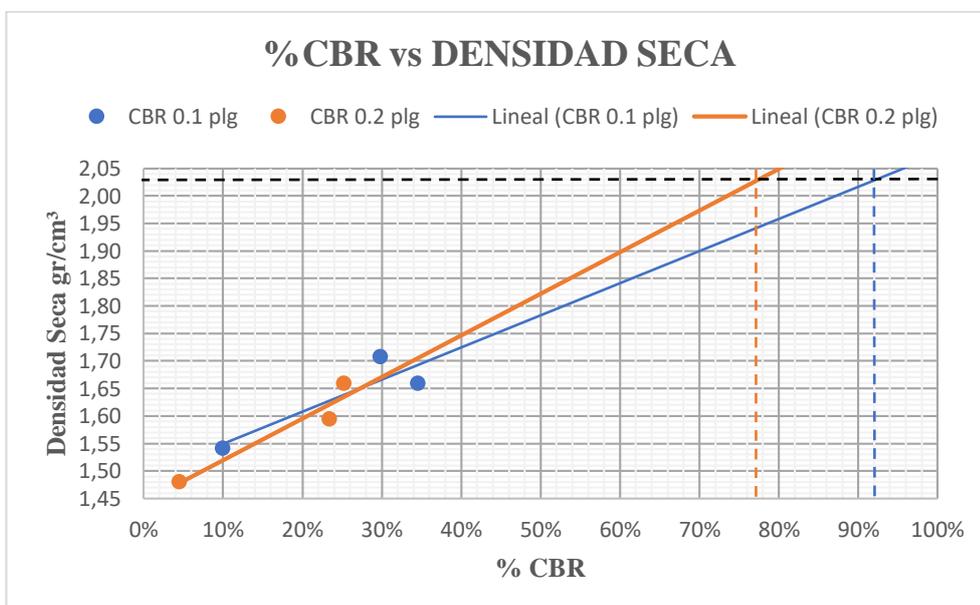
Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco	Normas:	AASHTO T 193 2013
Profundidad:	68 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	30-Mar-2021	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	6	Coordenadas:	X= 763276,53 Y= 9848601,9

CBR DE LABORATORIO - AASHTO T 193 2013						
MOLDE N°	1		2		3	
N° capas	5		5		5	
N° golpes por capa	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	10460		12745		10619	
Masa molde (gr)	5842		8299		6458	
Masa muestra húmeda (gr)	4618		4446		4161	
Volumen muestra (cm ³)	2328.02		2353.33		2328.02	
Peso unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.98		1.89		1.79	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip. (gr)	108	160.8	119	167.8	131.4	123.1
Masa suelo seco + recip. (gr)	97.3	142.6	109	148	116.6	109.7
Masa del agua (gr)	10.7	18.2	10	19.8	14.8	13.4
Masa del recip. (gr)	30.9	31.1	24.6	24.1	24.8	25.3
Masa suelo seco	66.4	111.5	81.4	123.9	91.8	84.4
Contenido de humedad W (%)	16.11	16.32	11.85	15.98	16.12	15.88
W (%) Promedio	16.22		13.91		16.00	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.707		1.658		1.541	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10513		12869		10855	
Masa molde (gr)	5842		8299		6458	
Masa muestra húmeda (gr)	4671		4570		4397	
Masa agua absorbida (gr)	53		124		236	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + tarro (gr)	130.3	112.4	98.4	84.8	118.7	113.5
Masa del suelo seco + tarro (gr)	109.4	94.4	83.5	72.8	98.5	94.5
Masa del agua (gr)	20.9	18	14.9	12	20.2	19
Masa del tarro (gr)	31.1	31.8	31.2	31.8	32.3	33.5
Masa suelo seco	78.3	62.6	52.3	41	66.2	61
Contenido de humedad W (%)	26.69	28.75	28.49	29.27	30.51	31.15
W (%) Promedio	27.72		28.88		30.83	
ENSAYO						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg.)	dial	Presión (lb/plg.²)	dial	Presión (lb/plg.²)	dial	Presión (lb/plg.²)
0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
0.025	232.4	77.47	330.8	110.27	153.80	51.27
0.05	400.3	133.43	563.8	187.93	213.30	71.10
0.075	628.2	209.40	818.2	272.73	258.50	86.17
0.1	893.9	297.97	1036.2	345.40	298.60	99.53
0.15	1471.5	490.50	1432.7	477.57	335.70	111.90
0.2	2093.3	697.77	1825.3	608.43	456.80	152.27
0.25	2634.3	878.10	2143.7	714.57	517.60	172.53
0.3	3126.4	1042.13	2396.7	798.90	588.80	196.27

0.4	4046.3	1348.77	2843.9	947.97	724.60	241.53
0.5	4997.2	1665.73	3283.4	1094.47	843.30	281.10



PORCENTAJES CBR (Corregidos)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.1 plg.	Densidad seca	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.2 plg.	Densidad seca
1	297.97	29.80%	1.707	697.77	46.52%	1.707
2	345.4	34.54%	1.658	608.43	40.56%	1.658
3	99.53	9.95%	1.541	152.27	10.15%	1.541
DENSIDAD SECA MAXIMA			2.143			
DSM		%CBR 0.1 plg.	%CBR 0.2 plg.	%CBR mayor		
95%		2.036	92.00%	77.00%		92.00%



Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 146 CBR de Laboratorio, muestra 7



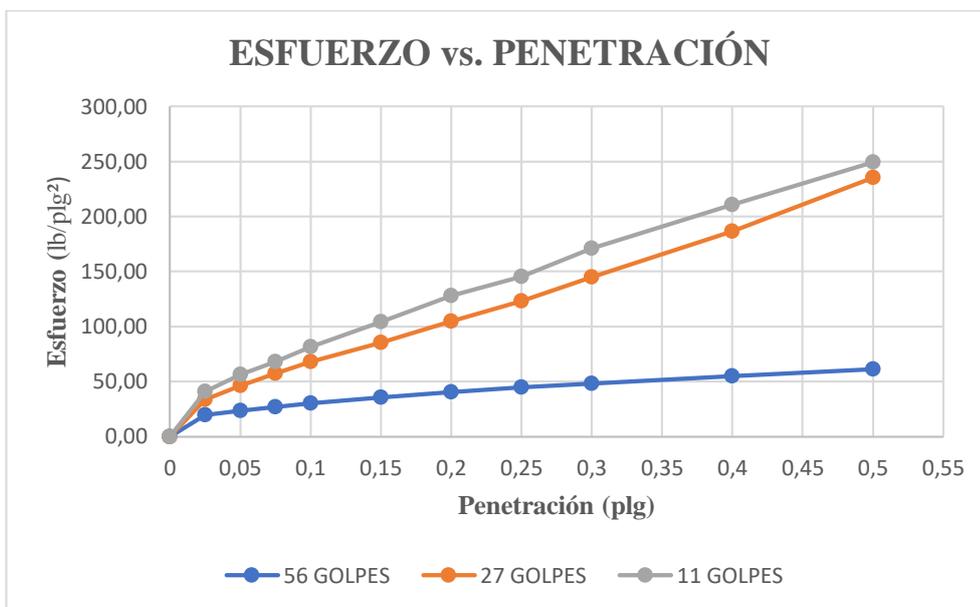
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



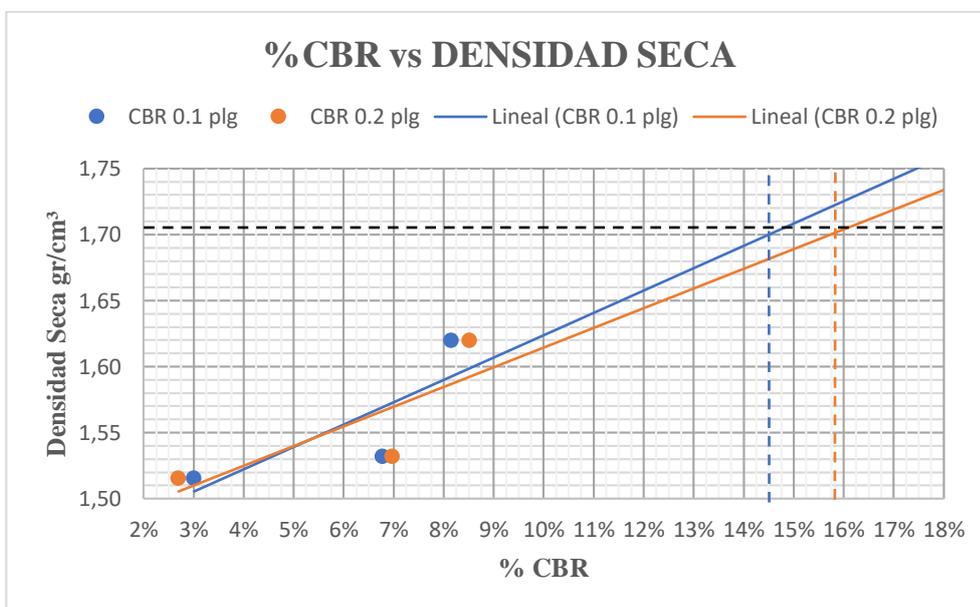
Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Juan León Mera, sector Mocha	Normas:	AASHTO T 193 2013
Profundidad:	66 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	21-Abr-2021	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	7	Coordenadas:	X= 760256,48 Y= 9844242,46

CBR DE LABORATORIO - AASHTO T 193 2013						
MOLDE N°	1		2		3	
N° capas	5		5		5	
N° golpes por capa	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	11401		10658		13184	
Masa molde (gr)	6976		6267		8737	
Masa muestra húmeda (gr)	4425		4391		4447	
Volumen muestra (cm ³)	2408.49		2353.33		2261.95	
Peso unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.84		1.87		1.97	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip. (gr)	176.7	226.6	156.4	178.5	119.5	172.4
Masa suelo seco + recip. (gr)	151.6	192.4	134.2	151.7	103.9	147.5
Masa del agua (gr)	25.1	34.2	22.2	26.8	15.6	24.9
Masa del recip. (gr)	32.6	32.4	30.4	30.9	30.9	31
Masa suelo seco	119	160	103.8	120.8	73	116.5
Contenido de humedad W (%)	21.09	21.38	21.39	22.19	21.37	21.37
W (%) Promedio	21.23		21.79		21.37	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.515		1.532		1.620	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11499		10727		13223	
Masa molde (gr)	6976		6267		8737	
Masa muestra húmeda (gr)	4523		4460		4486	
Masa agua absorbida (gr)	98		69		39	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + tarro (gr)	72.23	85.36	96.35	87.36	96.5	100.51
Masa del suelo seco + tarro (gr)	58.26	68.15	75.22	67.25	70.16	73.61
Masa del agua (gr)	13.97	17.21	21.13	20.11	26.34	26.9
Masa del tarro (gr)	7.1	7.3	7.2	7.6	7.8	7.1
Masa suelo seco	51.16	60.85	68.02	59.65	62.36	66.51
Contenido de humedad W (%)		28.28	31.06	33.71	42.24	40.45
W (%) Promedio	28.28		32.39		41.34	
ENSAYO						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg.)	dial	Presión (lb/plg. ²)	dial	Presión (lb/plg. ²)	dial	Presión (lb/plg. ²)
0	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
0.025	59.3	19.77	101.5	33.83	123.20	41.07
0.05	71.2	23.73	139.3	46.43	169.20	56.40
0.075	81.1	27.03	172.0	57.33	203.40	67.80
0.1	90.2	30.07	203.3	67.77	244.50	81.50
0.15	106.3	35.43	256.2	85.40	312.60	104.20
0.2	121.3	40.43	313.8	104.60	383.30	127.77
0.25	134.4	44.80	369.1	123.03	436.30	145.43
0.3	144.4	48.13	434.6	144.87	513.30	171.10

0.4	165.1	55.03	559.0	186.33	632.10	210.70
0.5	183.4	61.13	706.0	235.33	748.50	249.50



PORCENTAJES CBR (Corregidos)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.1 plg.	Densidad seca	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.2 plg.	Densidad seca
1	30.07	3.01%	1.515	40.43	2.70%	1.515
2	67.77	6.78%	1.532	104.60	6.97%	1.532
3	81.50	8.15%	1.620	127.77	8.52%	1.620
DENSIDAD SECA MAXIMA		1.795				
DSM		%CBR 0.1 plg.	%CBR 0.2 plg.	%CBR mayor		
95%		1.705	14.50%	15.80%	15.80%	



Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 147 CBR de Laboratorio, muestra 8



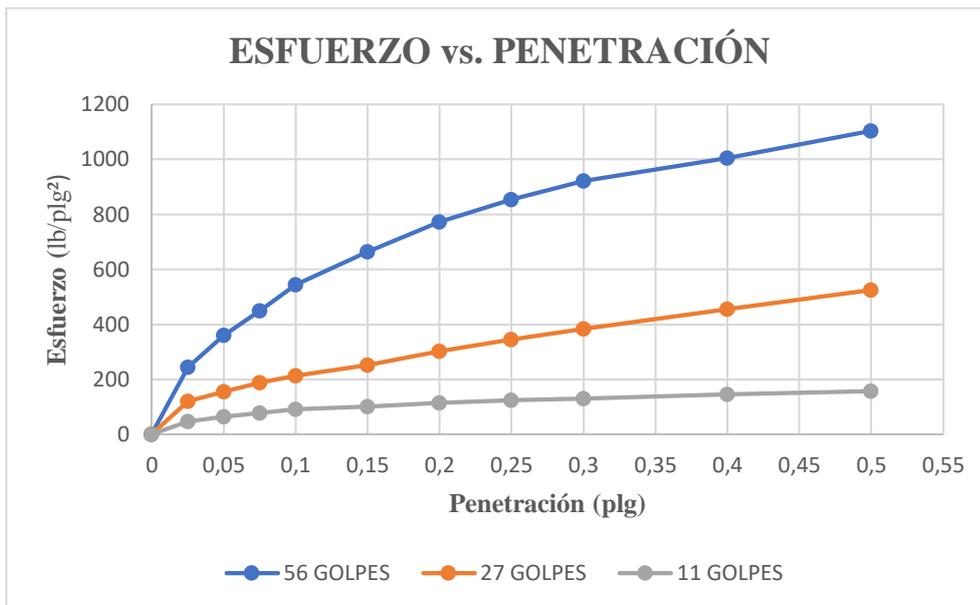
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



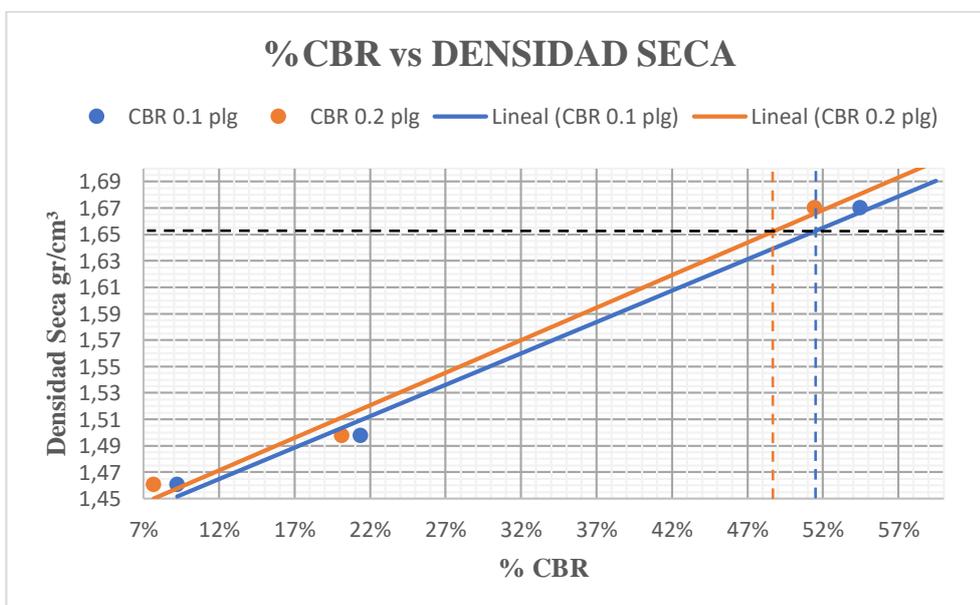
Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Juan León Mera, sector Mocha	Normas:	AASHTO T 193 2013
Profundidad:	62 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	06-Abr-2021	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	8	Coordenadas:	X= 760260 Y= 9843418

CBR DE LABORATORIO - AASHTO T 193 2013						
MOLDE N°	1	2	3			
N° capas	5	5	5			
N° golpes por capa	56	27	11			
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	10926	11238	10979			
Masa molde (gr)	6431	7096	7007			
Masa muestra húmeda (gr)	4495	4142	3972			
Volumen muestra (cm ³)	2268.23	2322.67	2292.21			
Peso unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.98	1.78	1.73			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip. (gr)	154.7	118.7	114.7	111.5	134.7	128.7
Masa suelo seco + recip. (gr)	134.9	105.4	101.7	98.7	119.7	112.4
Masa del agua (gr)	19.8	13.3	13	12.8	15	16.3
Masa del recip. (gr)	32.1	31.8	33.4	31.9	32.1	31.7
Masa suelo seco	102.8	73.6	68.3	66.8	87.6	80.7
Contenido de humedad W (%)	19.26	18.07	19.03	19.16	17.12	20.20
W (%) Promedio	18.67		19.10		18.66	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.670		1.497		1.460	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11024	11429	11297			
Masa molde (gr)	6431	7096	7007			
Masa muestra húmeda (gr)	4593	4333	4290			
Masa agua absorbida (gr)	98	191	318			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + tarro (gr)	72.23	85.36	96.35	87.36	96.5	100.51
Masa del suelo seco + tarro (gr)	58.26	68.15	75.22	67.25	70.16	73.61
Masa del agua (gr)	13.97	17.21	21.13	20.11	26.34	26.9
Masa del tarro (gr)	7.1	7.3	7.2	7.6	7.8	7.1
Masa suelo seco	51.16	60.85	68.02	59.65	62.36	66.51
Contenido de humedad W (%)	27.31	28.28	31.06	33.71	42.24	40.45
W (%) Promedio	27.79		32.39		41.34	
ENSAYO						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg.)	dial	Presión (lb/plg. ²)	dial	Presión (lb/plg. ²)	dial	Presión (lb/plg. ²)
0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
0.025	732	244.00	362.7	120.90	142.70	47.57
0.05	1079.4	359.80	468.5	156.17	194.50	64.83
0.075	1349.7	449.90	562.4	187.47	231.70	77.23
0.1	1634.5	544.83	641.3	213.77	276.40	92.13
0.15	1991.9	663.97	758.1	252.70	302.50	100.83
0.2	2315.4	771.80	905.6	301.87	345.00	115.00
0.25	2561.8	853.93	1034.1	344.70	374.20	124.73
0.3	2764.5	921.50	1152.7	384.23	391.70	130.57

0.4	3011.7	1003.90	1368.4	456.13	436.70	145.57
0.5	3312.4	1104.13	1573.8	524.60	472.50	157.50



PORCENTAJES CBR (Corregidos)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.1 plg.	Densidad seca	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.2 plg.	Densidad seca
1	544.83	54.48%	1.670	771.80	51.45%	1.670
2	213.77	21.38%	1.497	301.87	20.12%	1.497
3	92.13	9.21%	1.460	115.00	7.67%	1.460
DENSIDAD SECA MAXIMA			1.74			
DSM		%CBR 0.1 plg.	%CBR 0.2 plg.	%CBR mayor		
95%		1.653	51.50%	48.70%	51.50%	



Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 148 CBR de Laboratorio, muestra 9



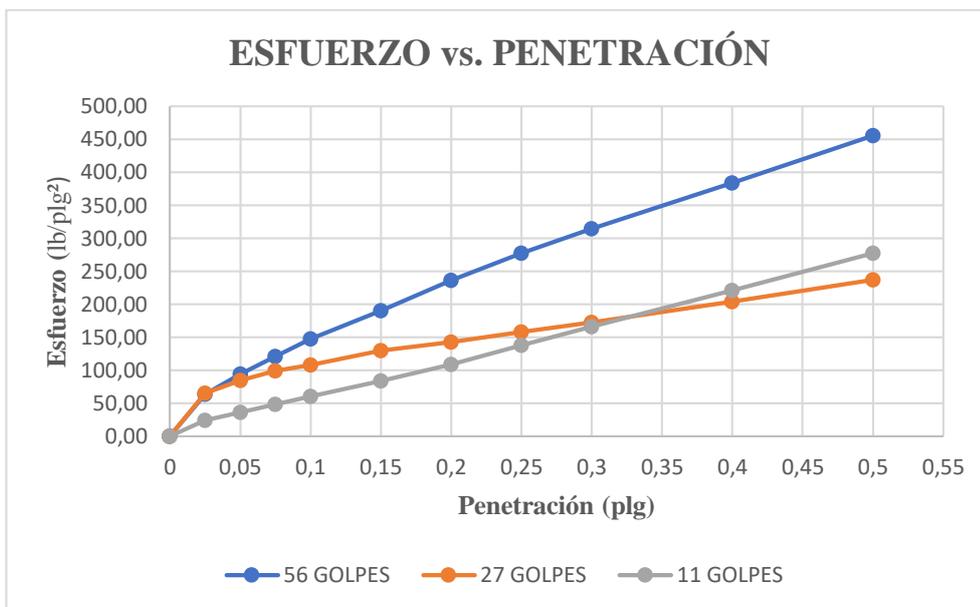
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



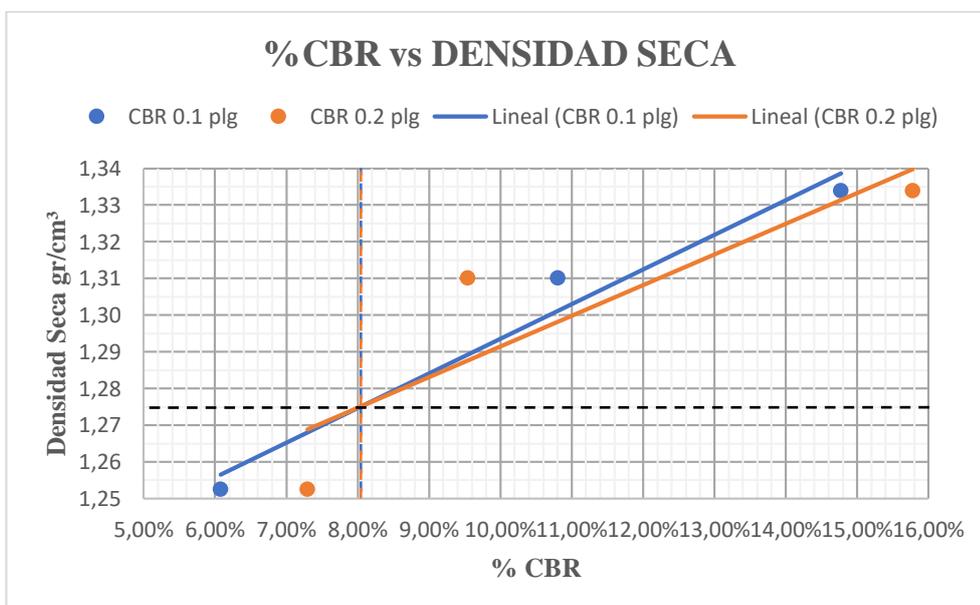
Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Principal, sector Chilcapamba	Normas:	AASHTO T 193 2013
Profundidad:	65 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	09-Mar-2021	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	9	Coordenadas:	X= 757110,63 Y= 9843992,68

CBR DE LABORATORIO - AASHTO T 193 2013						
MOLDE N°	1		2		3	
N° capas	5		5		5	
N° golpes por capa	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	11100		12106		13025	
Masa molde (gr)	6920		7939		9212	
Masa muestra húmeda (gr)	4180		4167		3813	
Volumen muestra (cm ³)	2274.30		2304.52		2304.52	
Peso unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.84		1.81		1.65	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip. (gr)	156.8	156.2	158.5	166.6	159.2	149.1
Masa suelo seco + recip. (gr)	121.4	130.2	123.7	139.3	127.4	121.4
Masa del agua (gr)	35.4	26	34.8	27.3	31.8	27.7
Masa del recip. (gr)	33.5	33.6	31.9	31.9	31.1	32.6
Masa suelo seco	87.9	96.6	91.8	107.4	96.3	88.8
Contenido de humedad W (%)	40.27	26.92	37.91	25.42	33.02	31.19
W (%) Promedio	37.80		38.03		32.11	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.334		1.310		1.252	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11161		12407		13244	
Masa molde (gr)	6920		7939		9212	
Masa muestra húmeda (gr)	4241		4468		4032	
Masa agua absorbida (gr)	61		301		219	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + tarro (gr)	95.7	117.3	104.3	116.9	120.2	118.9
Masa del suelo seco + tarro (gr)	80.5	99.7	87.5	99	97.2	100.1
Masa del agua (gr)	15.2	17.6	16.8	17.9	23	18.8
Masa del tarro (gr)	30.3	31.1	31.1	30.6	30.7	30.9
Masa suelo seco	50.2	68.6	56.4	68.4	66.5	69.2
Contenido de humedad W (%)	30.28	25.66	29.79	26.17	34.59	27.17
W (%) Promedio	27.97		27.98		30.88	
ENSAYO						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg.)	dial	Presión (lb/plg. ²)	dial	Presión (lb/plg. ²)	dial	Presión (lb/plg. ²)
0	0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00
0.025	193.1	64.37	196.40	65.47	73.2	24.40
0.05	283.2	94.40	254.30	84.77	110.2	36.73
0.075	363.2	121.07	298.40	99.47	145.6	48.53
0.1	443.2	147.73	324.10	108.03	182.4	60.80
0.15	570.8	190.27	389.30	129.77	253.4	84.47
0.2	710.2	236.73	429.50	143.17	328.3	109.43
0.25	833.4	277.80	473.80	157.93	413.4	137.80
0.3	944.3	314.77	518.30	172.77	498.1	166.03

0.4	1153	384.33	613.50	204.50	663.6	221.20
0.5	1366.9	455.63	711.30	237.10	832.1	277.37



PORCENTAJES CBR (Corregidos)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.1 plg.	Densidad seca	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.2 plg.	Densidad seca
1	147.73	14.77%	1.334	236.73	15.78%	1.334
2	108.03	10.80%	1.310	143.17	9.54%	1.310
3	60.80	6.08%	1.252	109.43	7.30%	1.252
DENSIDAD SECA MAXIMA		1.342				
DSM		%CBR 0.1 plg.	%CBR 0.2 plg.	%CBR mayor		
95%		1.275	8.00%	8.00%	8.00%	



Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 149 CBR de Laboratorio, muestra 10



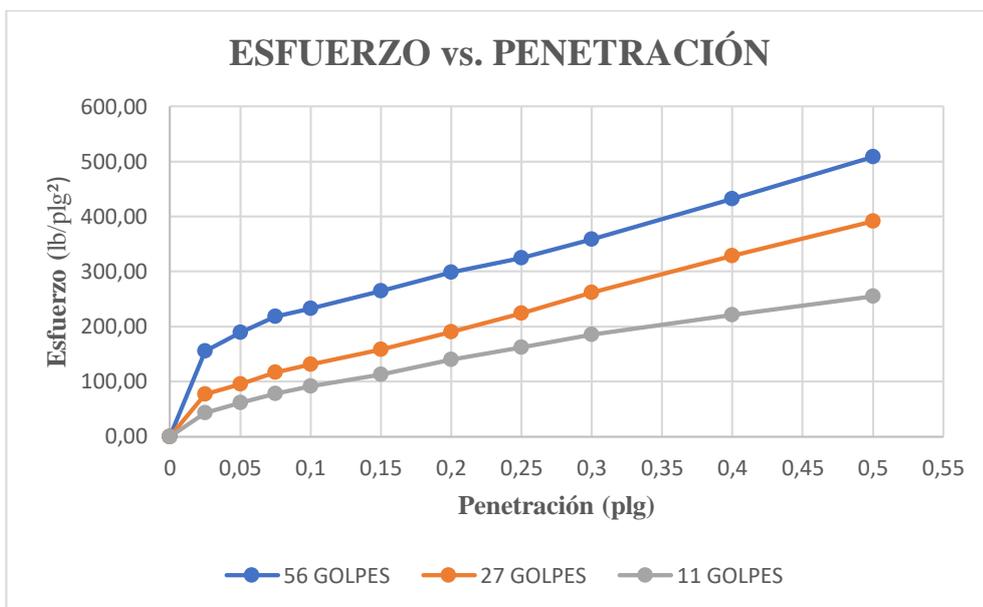
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



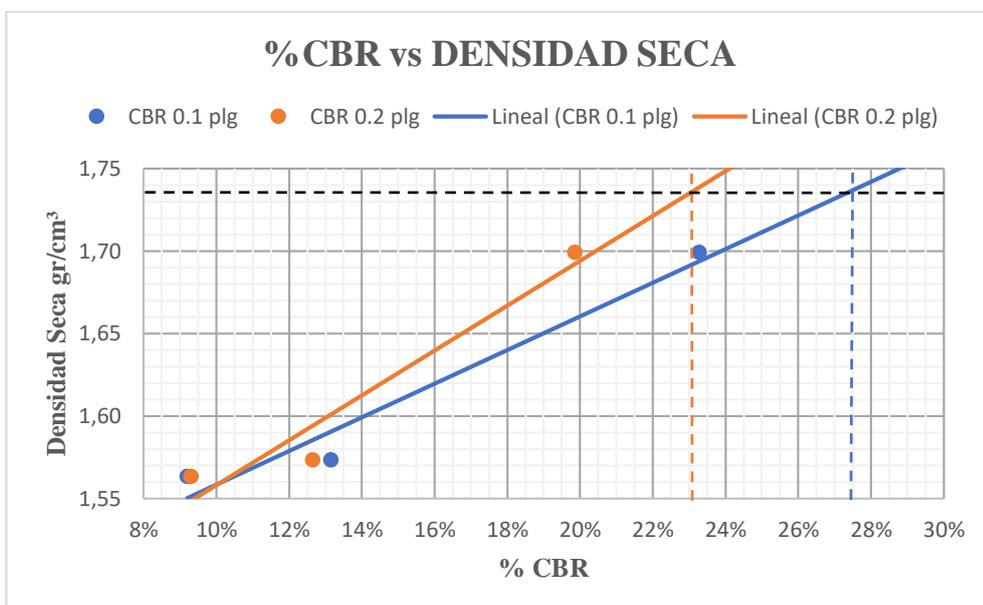
Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Av. Principal, sector Chilcapamba	Normas:	AASHTO T 193 2013
Profundidad:	80 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	21-Abr-2021	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	10	Coordenadas:	X= 758397,61 Y= 9842982,1

CBR DE LABORATORIO - AASHTO T 193 2013						
MOLDE N°	1	2	3			
N° capas	5	5	5			
N° golpes por capa	56	27	11			
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	10984	11359	11254			
Masa molde (gr)	6431	7096	7007			
Masa muestra húmeda (gr)	4553	4263	4247			
Volumen muestra (cm³)	2261.95	2261.95	2261.95			
Peso unitario Húmedo (gr/cm³)	2.01	1.88	1.88			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip. (gr)	139.2	117.9	112.8	134.7	142.5	134.8
Masa suelo seco + recip. (gr)	122.3	104.8	100.8	116.2	123.4	118.4
Masa del agua (gr)	16.9	13.1	12	18.5	19.1	16.4
Masa del recip. (gr)	32.1	32.9	33.1	31.7	32.8	32.8
Masa suelo seco	90.2	71.9	67.7	84.5	90.6	85.6
Contenido de humedad W (%)	18.74	18.22	17.73	21.89	21.08	19.16
W (%) Promedio	18.48		19.81		20.12	
Peso unitario seco (gr/cm³)	1.699		1.573		1.563	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11124	11619	11591			
Masa molde (gr)	6431	7096	7007			
Masa muestra húmeda (gr)	4693	4523	4584			
Masa agua absorbida (gr)	140	260	337			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + tarro (gr)	167.7	141.3	162.7	157.4	159.7	163.4
Masa del suelo seco + tarro (gr)	144.5	125.9	135.9	132.8	141.7	136.4
Masa del agua (gr)	23.2	15.4	26.8	24.6	18	27
Masa del tarro (gr)	32.9	31.8	33.5	31.8	32.7	31.9
Masa suelo seco	111.6	94.1	102.4	101	109	104.5
Contenido de humedad W (%)	20.79	16.37	26.17	24.36	16.51	25.84
W (%) Promedio	18.58		25.26		21.18	
ENSAYO						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg.)	dial	Presión (lb/plg.²)	dial	Presión (lb/plg.²)	dial	Presión (lb/plg.²)
0	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0.025	465	155.00	230.1	76.70	128.90	42.97
0.05	569	189.67	287.5	95.83	184.50	61.50
0.075	654	218.00	348.7	116.23	233.40	77.80
0.1	698.7	232.90	394.5	131.50	275.90	91.97
0.15	794.8	264.93	474.1	158.03	338.30	112.77
0.2	894.1	298.03	569.4	189.80	418.70	139.57
0.25	973.7	324.57	672.1	224.03	485.80	161.93
0.3	1075.8	358.60	784.9	261.63	556.40	185.47

0.4	1295.4	431.80	984.7	328.23	663.40	221.13
0.5	1524.8	508.27	1174	391.33	765.20	255.07



PORCENTAJES CBR (Corregidos)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.1 plg.	Densidad seca	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.2 plg.	Densidad seca
1	232.90	23.29%	1.699	298.03	19.87%	1.699
2	131.5	13.15%	1.573	189.8	12.65%	1.573
3	91.97	9.20%	1.563	139.57	9.30%	1.563
DENSIDAD SECA MAXIMA		1.829				
DSM		%CBR 0.1 plg.	%CBR 0.2 plg.	%CBR mayor		
95%		1.738	27.50%	23.20%	27.50%	



Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 150 CBR de Laboratorio, muestra 11



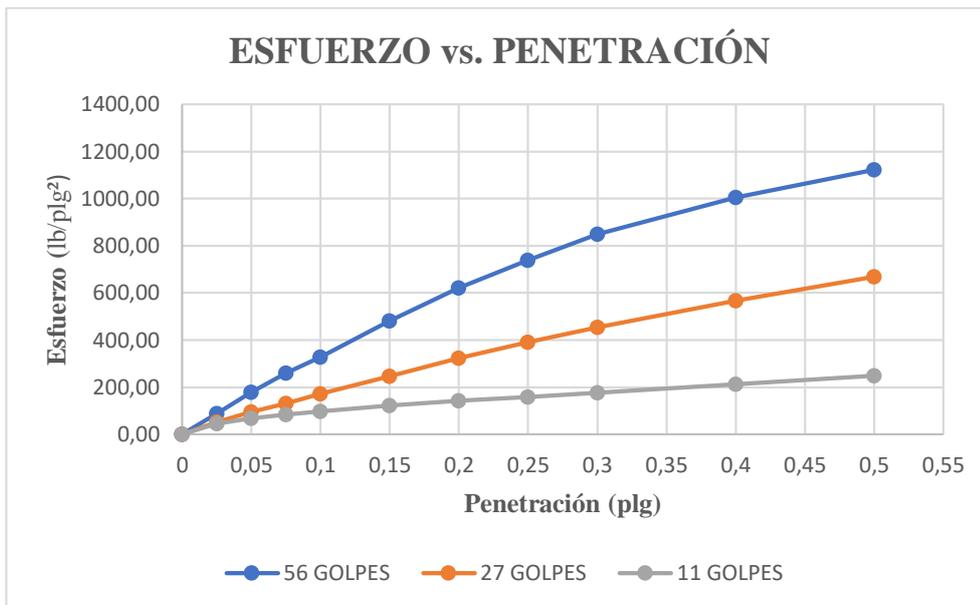
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



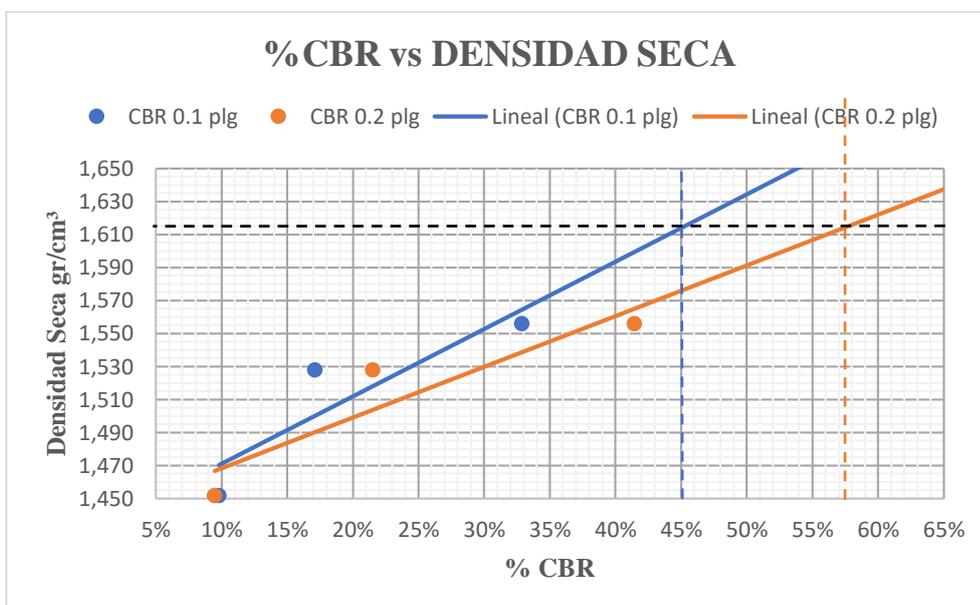
Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía S/N sector Hacienda Atillo	Normas:	AASHTO T 193 2013
Profundidad:	55 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	16-Mar-2021	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	11	Coordenadas:	X= 757136,19 Y= 9842106,66

CBR DE LABORATORIO - AASHTO T 193 2013						
MOLDE N°	1		2		3	
N° capas	5		5		5	
N° golpes por capa	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	11426		12542		9973	
Masa molde (gr)	6980		8256		5846	
Masa muestra húmeda (gr)	4446		4286		4127	
Volumen muestra (cm ³)	2279.62		2274.30		2322.67	
Peso unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.95		1.88		1.78	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip. (gr)	186	202.1	173.1	208.1	181.8	196.7
Masa suelo seco + recip. (gr)	155.4	166.9	146.9	174.1	154.7	165.9
Masa del agua (gr)	30.6	35.2	26.2	34	27.1	30.8
Masa del recip. (gr)	30.5	32.6	31.7	32.2	31.8	30.5
Masa suelo seco	124.9	134.3	115.2	141.9	122.9	135.4
Contenido de humedad W (%)	24.50	26.21	22.74	23.96	22.05	22.75
W (%) Promedio	25.35		23.35		22.40	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.556		1.528		1.452	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11514		12703		10112	
Masa molde (gr)	6980		8256		5846	
Masa muestra húmeda (gr)	4534		4447		4266	
Masa agua absorbida (gr)	88		161		139	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + tarro (gr)	72.23	85.36	96.35	87.36	96.5	100.51
Masa del suelo seco + tarro (gr)	61.5	72.5	81.4	73.5	79.7	82.4
Masa del agua (gr)	10.73	12.86	14.95	13.86	16.8	18.11
Masa del tarro (gr)	7.1	7.3	7.2	7.6	7.8	7.1
Masa suelo seco	54.4	65.2	74.2	65.9	71.9	75.3
Contenido de humedad W (%)	19.72	19.72	20.15	21.03	23.37	24.05
W (%) Promedio	19.72		20.59		23.71	
ENSAYO						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg.)	dial	Presión (lb/plg.²)	dial	Presión (lb/plg.²)	dial	Presión (lb/plg.²)
0	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0.025	269.4	89.80	156.6	52.20	136.90	45.63
0.05	539.7	179.90	283.9	94.63	208.50	69.50
0.075	784.1	261.37	393.8	131.27	249.80	83.27
0.1	986.4	328.80	513.7	171.23	294.00	98.00
0.15	1444.2	481.40	740.5	246.83	365.10	121.70
0.2	1864.7	621.57	968.2	322.73	426.20	142.07
0.25	2215.2	738.40	1176.3	392.10	478.30	159.43
0.3	2549.7	849.90	1363.9	454.63	531.70	177.23

0.4	3014.8	1004.93	1698.6	566.20	636.40	212.13
0.5	3365.7	1121.90	2008.3	669.43	749.30	249.77



PORCENTAJES CBR (Corregidos)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.1 plg.	Densidad seca	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.2 plg.	Densidad seca
1	328.80	32.88%	1.556	621.57	41.44%	1.556
2	171.23	17.12%	1.528	322.73	21.52%	1.528
3	98.00	9.80%	1.452	142.07	9.47%	1.452
DENSIDAD SECA MAXIMA			1.700			
DSM		%CBR 0.1 plg.	%CBR 0.2 plg.	%CBR mayor		
95%		1.615	45.00%	57.50%	57.50%	



Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 151 CBR de Laboratorio, muestra 12



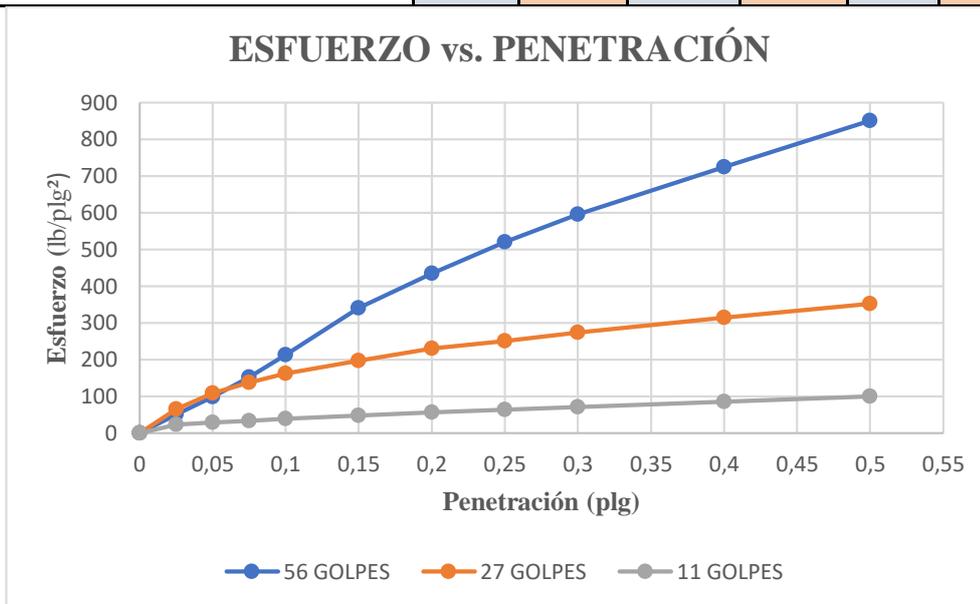
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



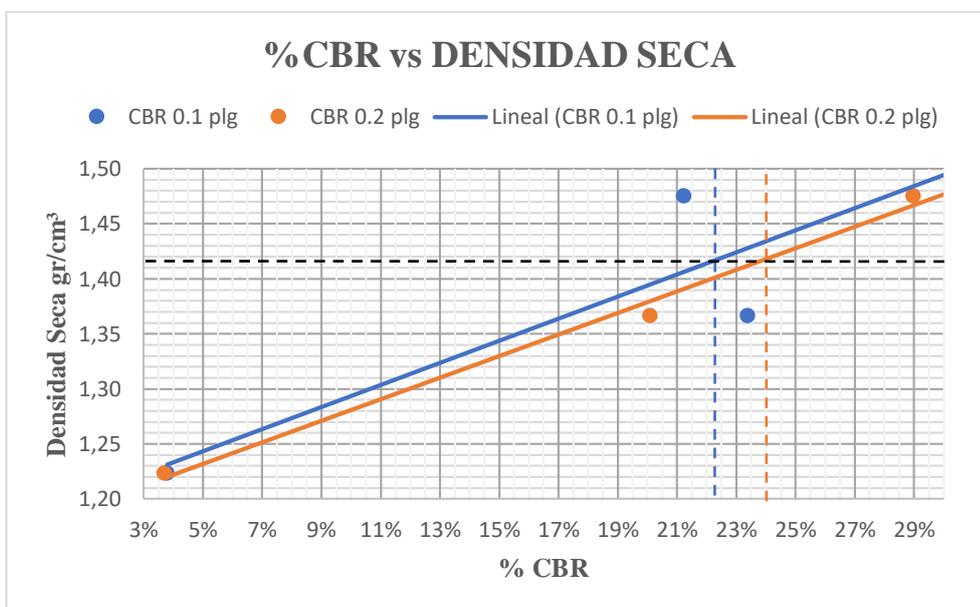
Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía S/N sector Hacienda Atillo	Normas:	AASHTO T 193 2013
Profundidad:	48 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	10-Mar-2021	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	12	Coordenadas:	X= 757162,09 Y= 9841869,62

CBR DE LABORATORIO - AASHTO T 193 2013						
MOLDE N°	1		2		3	
N° capas	5		5		5	
N° golpes por capa	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	12407		12923		9815	
Masa molde (gr)	8452		9217		6465	
Masa muestra húmeda (gr)	3955		3706		3350	
Volumen muestra (cm ³)	2261.95		2286.38		2286.38	
Peso unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.75		1.62		1.47	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + recip. (gr)	149.3	192.5	164.5	154.5	161.3	211.5
Masa suelo seco + recip. (gr)	131.3	167.5	144.2	134.7	139.6	181.8
Masa del agua (gr)	18	25	20.3	19.8	21.7	29.7
Masa del recip. (gr)	33.4	33.6	33.1	30.2	30.3	30.6
Masa suelo seco	97.9	133.9	111.1	104.5	109.3	151.2
Contenido de humedad W (%)	18.39	18.67	18.27	18.95	19.85	19.64
W (%) Promedio	18.53		18.61		19.75	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.475		1.367		1.224	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	12703		13331		10379	
Masa molde (gr)	8452		9217		6465	
Masa muestra húmeda (gr)	4251		4114		3914	
Masa agua absorbida (gr)	296		408		564	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Masa suelo húmedo + tarro (gr)	72.23	85.36	96.35	87.36	96.5	100.51
Masa del suelo seco + tarro (gr)	58.26	68.15	75.22	67.25	70.16	73.61
Masa del agua (gr)	13.97	17.21	21.13	20.11	26.34	26.9
Masa del tarro (gr)	7.1	7.3	7.2	7.6	7.8	7.1
Masa suelo seco	51.16	60.85	68.02	59.65	62.36	66.51
Contenido de humedad W (%)	27.31	28.28	31.06	33.71	42.24	40.45
W (%) Promedio	27.79		32.39		41.34	
ENSAYO						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg.)	dial	Presión (lb/plg. ²)	dial	Presión (lb/plg. ²)	dial	Presión (lb/plg. ²)
0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
0.025	152.8	50.93	193.8	64.60	68.60	22.87
0.05	292.8	97.60	326.8	108.93	84.70	28.23
0.075	456.8	152.27	411.5	137.17	98.40	32.80
0.1	636.9	212.30	483.9	161.30	113.80	37.93
0.15	1022.3	340.77	592.3	197.43	141.10	47.03
0.2	1303.9	434.63	689.2	229.73	166.40	55.47
0.25	1562.4	520.80	751.2	250.40	189.40	63.13
0.3	1785.2	595.07	821.3	273.77	213.70	71.23

0.4	2173.9	724.63	943.2	314.40	255.50	85.17
0.5	2553.6	851.20	1056.3	352.10	300.30	100.10



PORCENTAJES CBR (Corregidos)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.1 plg.	Densidad seca	Presión (lb/plg.²)	CBR 0.2 plg.	Densidad seca
1	212.30	21.23%	1.475	434.63	28.98%	1.475
2	233.83	23.38%	1.367	301.5	20.10%	1.367
3	37.93	3.79%	1.224	55.47	3.70%	1.224
DENSIDAD SECA MAXIMA		1.494				
DSM		%CBR 0.1 plg.	%CBR 0.2 plg.	%CBR mayor		
95%		1.419	22.25%	24.00%	24.00%	



Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 152 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 1



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

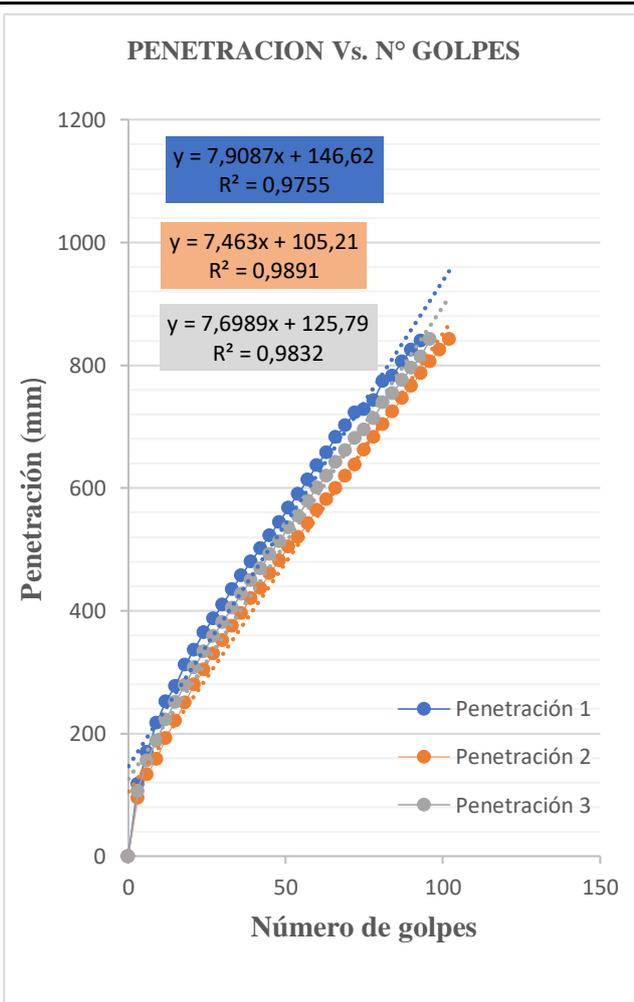


Parroquia: Pinguilí
Vía: Calle S/N, sector San Pedro
Profundidad: 54 cm
Fecha: 14-Feb-2021
Muestra: 1

Proyecto: Tesis de Grado
Normas: ASTM D 6951-03
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 765326,24 Y= 9847819,38

ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

N° Golpe	Penetración		
	mm	mm	mm
0	0	0	0
3	118	95	106
6	170	133	156
9	217	158	188
12	252	192	223
15	277	221	251
18	312	250	279
21	336	280	308
24	365	304	334
27	387	330	359
30	410	352	381
33	435	375	405
36	458	396	427
39	480	420	450
42	502	437	469
45	523	461	492
48	544	482	513
51	568	504	536
54	590	520	555
57	614	543	579
60	637	564	601
63	658	582	620
66	683	600	642
69	702	620	661
72	723	638	681
75	728	662	695
78	743	683	713
81	774	704	739
84	783	725	754
87	806	746	776
90	825	766	796
93	840	787	814
96		806	843
99		825	
102		843	



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	7.91	7.69
2	7.46	
3	7.70	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 153 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 2



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

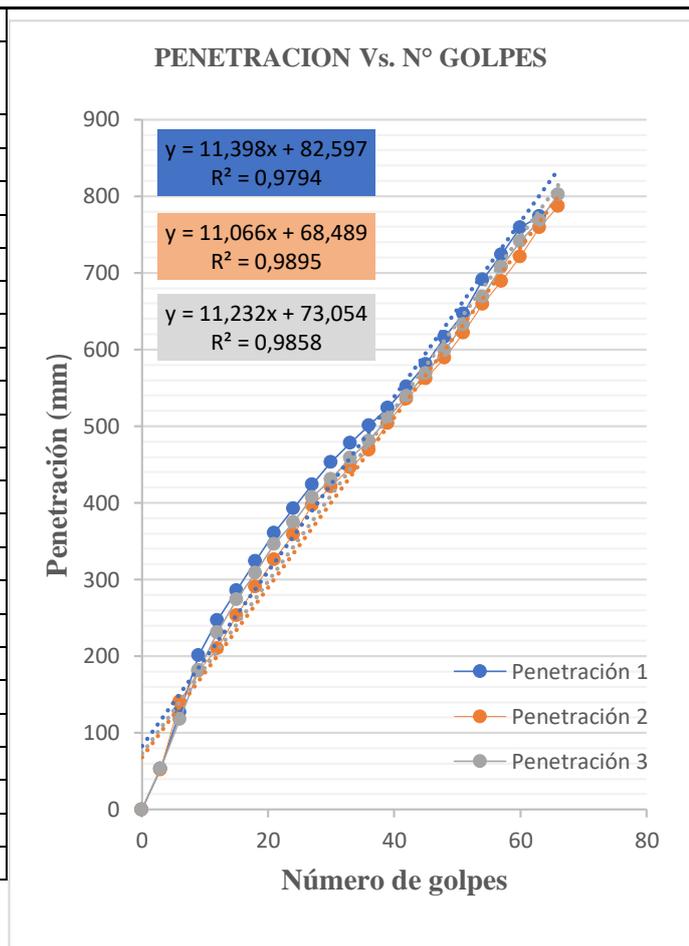


Parroquia: Pinguilí
Vía: Calle S/N, sector San Pedro
Profundidad: 60 cm
Fecha: 14-Feb-2021
Muestra: 2

Proyecto: Tesis de Grado
Normas: ASTM D 6951-03
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 765214,47 Y= 9847271,32

ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

Nº Golpe	Penetración		
	mm	mm	mm
0	0	0	0
3	53	52	53
6	127	141	118
9	201	181	182
12	247	210	231
15	286	253	274
18	324	291	309
21	361	326	346
24	393	359	375
27	424	397	407
30	453	421	431
33	478	446	459
36	501	469	481
39	524	504	511
42	552	536	539
45	581	562	569
48	616	589	599
51	647	622	633
54	691	659	669
57	724	689	708
60	759	721	741
63	774	759	768
66		787	802



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	11.40	11.23
2	11.07	
3	11.23	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 154 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 3



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

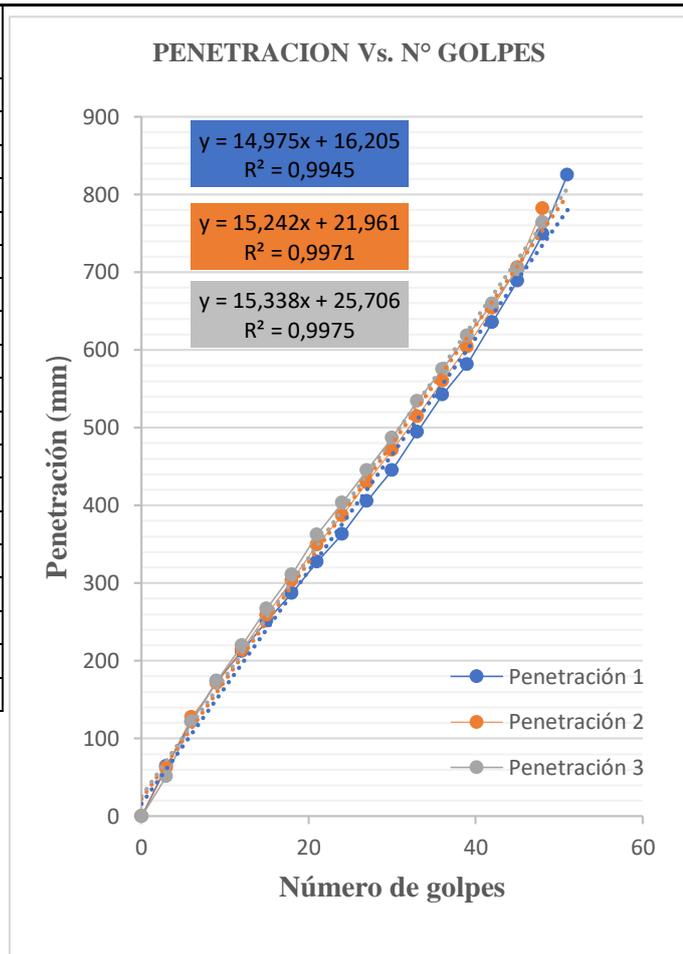


Parroquia: Pinguilí
Vía: Vía Pinguilí
Profundidad: 63 cm
Fecha: 14-Feb-2021
Muestra: 3

Proyecto: Tesis de Grado
Normas: ASTM D 6951-03
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 764835,02 Y= 9845550,33

ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

Nº Golpe	Penetración		
	mm	mm	mm
0	0	0	0
3	64	62	51
6	122	127	122
9	174	171	174
12	212	214	220
15	251	259	267
18	287	303	311
21	327	349	362
24	363	387	403
27	405	429	445
30	445	471	487
33	494	514	534
36	542	560	575
39	581	604	618
42	635	654	659
45	689	706	703
48	749	782	764
51	825		



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	14.98	15.19
2	15.24	
3	15.34	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 155 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 4



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

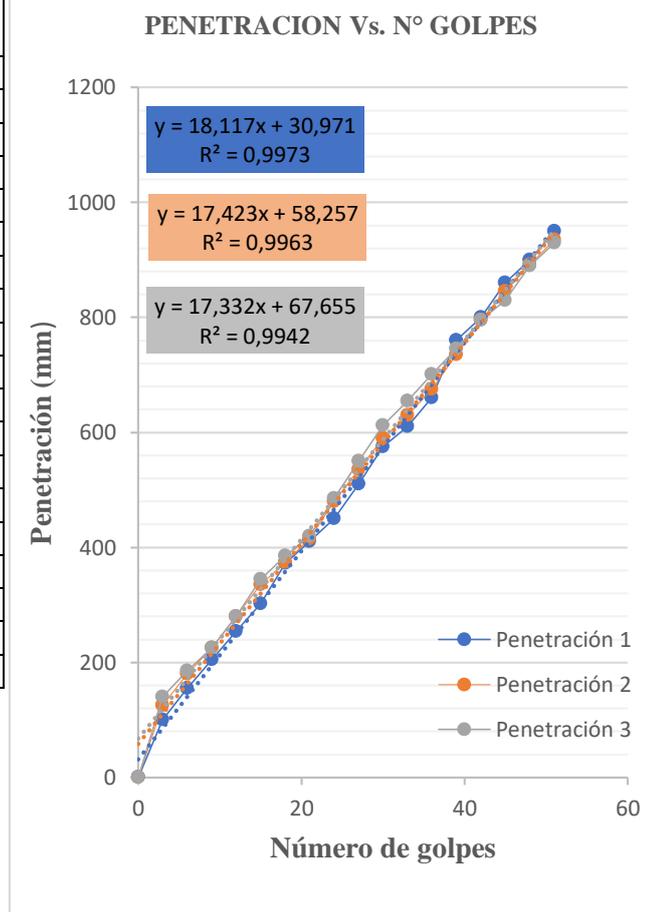


Parroquia: Pinguilí
Vía: Vía Pinguilí
Profundidad: 62 cm
Fecha: 14-Feb-2021
Muestra: 4

Proyecto: Tesis de Grado
Normas: ASTM D 6951-03
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 764062,35 Y= 9845219,09

ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

Nº Golpe	Penetración		
	mm	mm	mm
0	0	0	0
3	100	125	140
6	155	180	185
9	205	225	225
12	254	280	280
15	302	335	345
18	372	374	385
21	410	415	420
24	450	480	485
27	510	535	550
30	575	590	612
33	610	630	655
36	660	675	701
39	760	735	745
42	800	795	795
45	860	845	830
48	900	892	890
51	950	935	930



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	18.12	17.62
2	17.42	
3	17.33	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa



Tabla 156 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 5

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

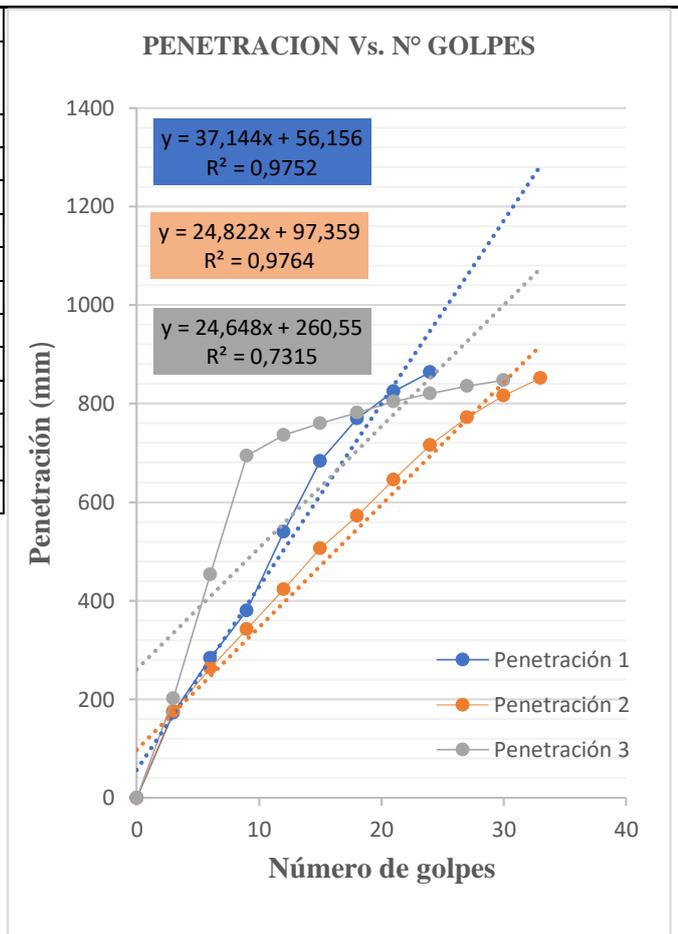


Parroquia: La Matriz
Vía: Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco
Profundidad: 65 cm
Fecha: 14-Feb-2021
Muestra: 5

Proyecto: Tesis de Grado
Normas: ASTM D 6951-03
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 763649,56 Y= 9849055,37

ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

Nº Golpe	Penetración		
	mm	mm	mm
0	0	0	0
3	172	176	202
6	284	263	453
9	380	342	694
12	540	423	736
15	683	506	760
18	770	572	782
21	825	645	804
24	863	716	820
27		772	835
30		816	847
33		852	



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	37.14	28.87
2	24.82	
3	24.65	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 157 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 6



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

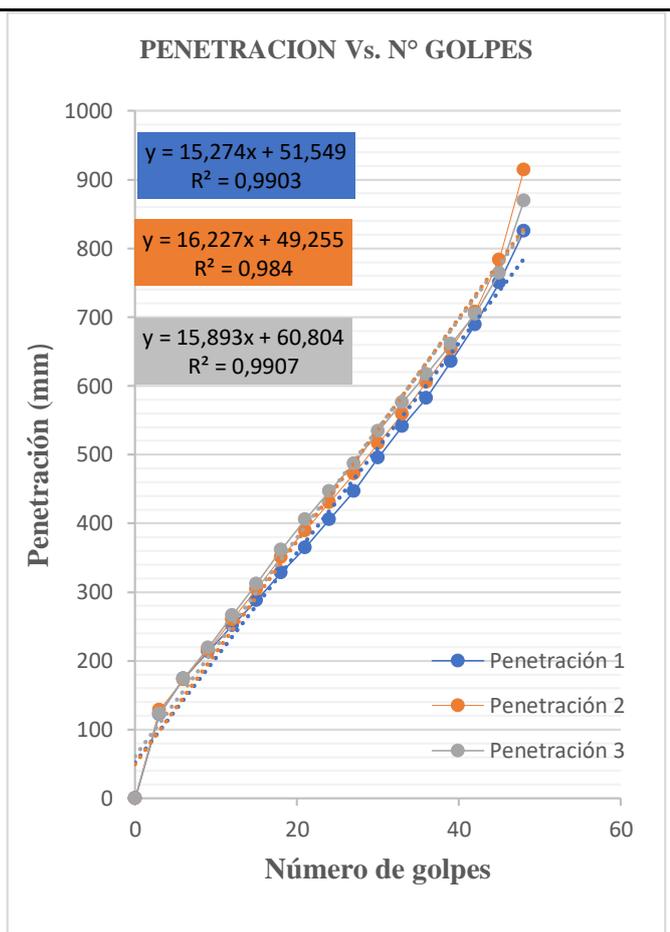


Parroquia: La Matriz
Vía: Av. 24 de Mayo, sector Yanahurco
Profundidad: 68 cm
Fecha: 14-Feb-2021
Muestra: 6

Proyecto: Tesis de Grado
Normas: ASTM D 6951-03
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 763276,53 Y= 9848601,9

ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

Nº Golpe	Penetración		
	mm	mm	mm
0	0	0	0
3	122	128	123
6	174	172	174
9	213	215	219
12	251	260	266
15	288	304	312
18	328	350	361
21	364	389	405
24	405	430	446
27	446	472	487
30	495	516	534
33	541	559	576
36	582	605	617
39	635	654	661
42	689	707	704
45	750	783	764
48	825	914	869



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	15.27	15.80
2	16.23	
3	15.89	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 158 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 7



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

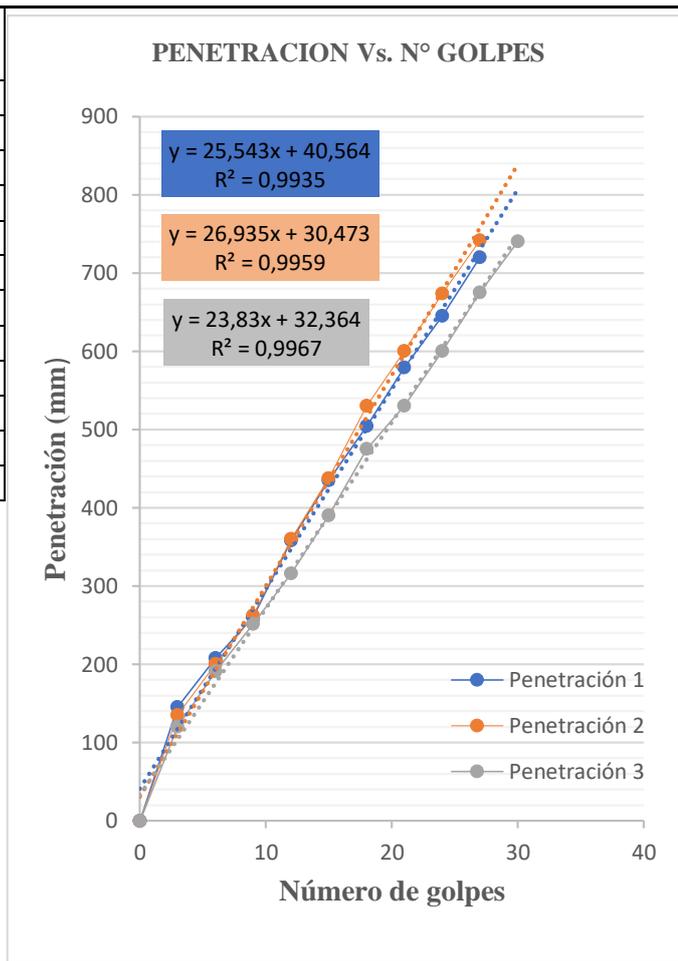


Parroquia: La Matriz
Vía: Av. Juan León Mera, sector Mocha
Profundidad: 66 cm
Fecha: 15-Feb-2021
Muestra: 7

Proyecto: Tesis de Grado
Normas: ASTM D 6951-03
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 760256,48 Y= 9844242,46

ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

Nº Golpe	Penetración		
	mm	mm	mm
0	0	0	0
3	145	135	120
6	208	200	191
9	260	262	251
12	358	360	316
15	435	438	390
18	504	530	475
21	579	600	530
24	645	674	600
27	720	742	675
30			740



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	25.54	25.44
2	26.94	
3	23.83	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 159 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 8



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

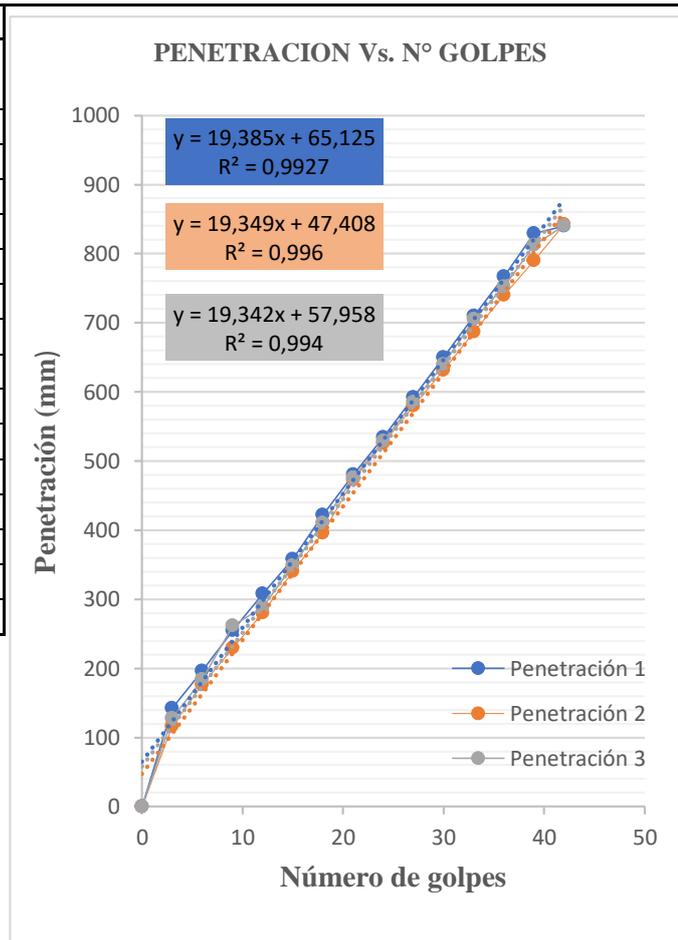


Parroquia: La Matriz
Vía: Av. Juan León Mera, sector Mocha
Profundidad: 62 cm
Fecha: 15-Feb-2021
Muestra: 8

Proyecto: Tesis de Grado
Normas: ASTM D 6951-03
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 760260 Y= 9843418

ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

Nº Golpe	Penetración		
	mm	mm	mm
0	0	0	0
3	142	116	128
6	196	176	184
9	255	229	262
12	308	280	289
15	358	340	349
18	422	396	410
21	480	473	476
24	534	526	529
27	592	580	585
30	650	631	640
33	710	687	705
36	767	740	752
39	829	790	812
42	840	842	841



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	19.39	19.36
2	19.35	
3	19.34	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 160 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 9



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

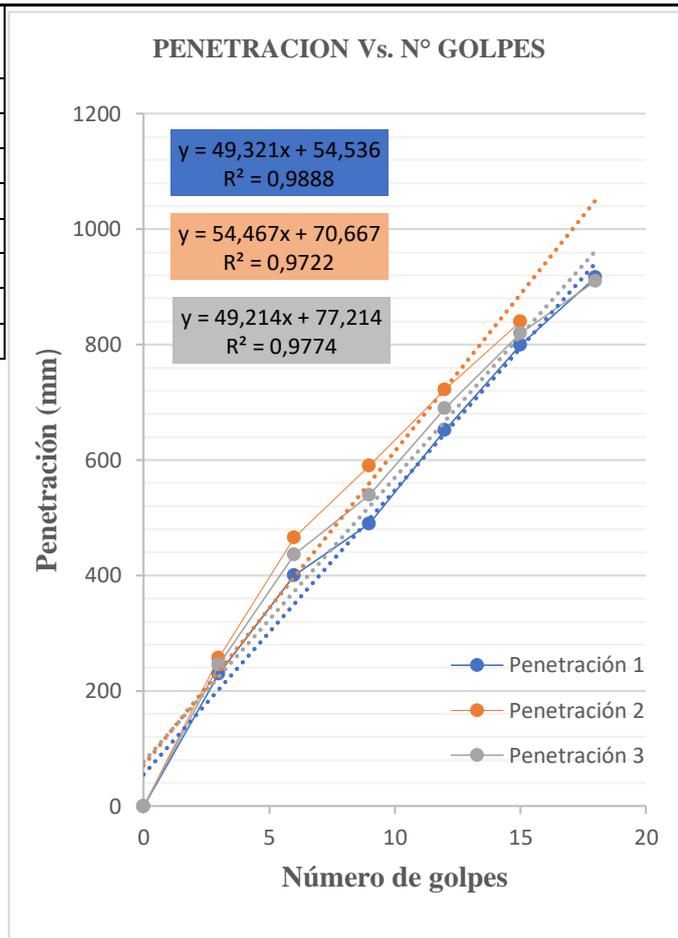


Parroquia: La Matriz
Vía: Av. Principal, sector Chilcapamba
Profundidad: 65 cm
Fecha: 15-Feb-2021
Muestra: 9

Proyecto: Tesis de Grado
Normas: ASTM D 6951-03
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 757110,63 Y= 9843992,68

ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

Nº Golpe	Penetración		
	mm	mm	mm
0	0	0	0
3	230	257	245
6	400	466	436
9	490	590	540
12	652	722	690
15	800	840	820
18	917		910



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	49.32	51.00
2	54.47	
3	49.21	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 161 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 10



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

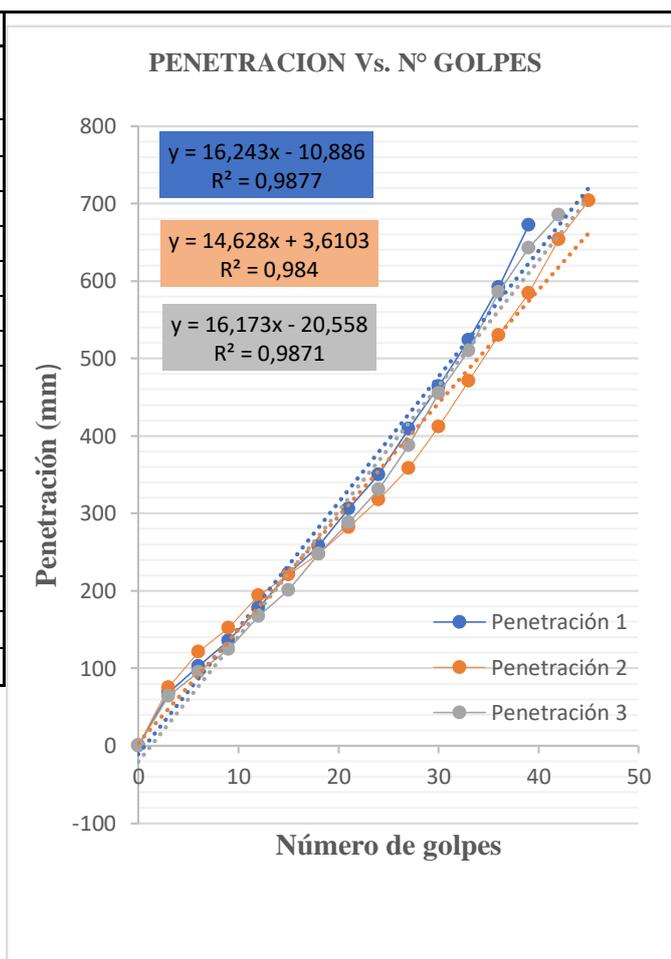


Parroquia: La Matriz
Vía: Av. Principal, sector Chilcapamba
Profundidad: 80 cm
Fecha: 15-Feb-2021
Muestra: 10

Proyecto: Tesis de Grado
Normas: ASTM D 6951-03
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 758397,61 Y= 9842982,1

ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

N° Golpe	Penetración		
	mm	mm	mm
0	0	0	0
3	68	75	64
6	103	121	95
9	136	152	125
12	178	194	167
15	222	221	201
18	258	248	248
21	306	282	288
24	350	318	331
27	409	358	388
30	464	412	455
33	524	471	510
36	592	530	586
39	672	584	643
42		654	685
45		704	



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	16.24	15.68
2	14.63	
3	16.17	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 162 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 11



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

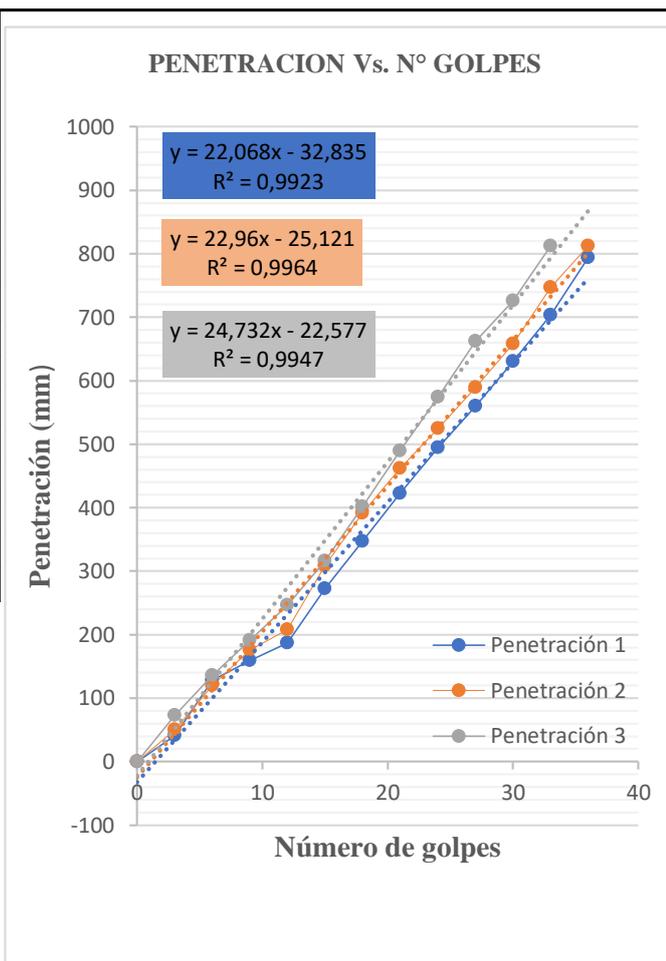


Parroquia: La Matriz
Vía: Vía S/N sector Hacienda Atillo
Profundidad: 55 cm
Fecha: 15-Feb-2021
Muestra: 11

Proyecto: Tesis de Grado
Normas: ASTM D 6951-03
Ensayado por: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Revisado por: Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Coordenadas: X= 757136,19 Y= 9842106,66

ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

Nº Golpe	Penetración		
	mm	mm	mm
0	0	0	0
3	41	50	73
6	128	120	136
9	159	176	191
12	187	208	246
15	272	308	316
18	347	391	401
21	422	462	489
24	494	525	574
27	560	589	662
30	630	658	726
33	703	747	812
36	794	812	



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	22.07	23.25
2	22.96	
3	24.73	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

Tabla 163 Cono Penetrómetro Dinámico, muestra 12



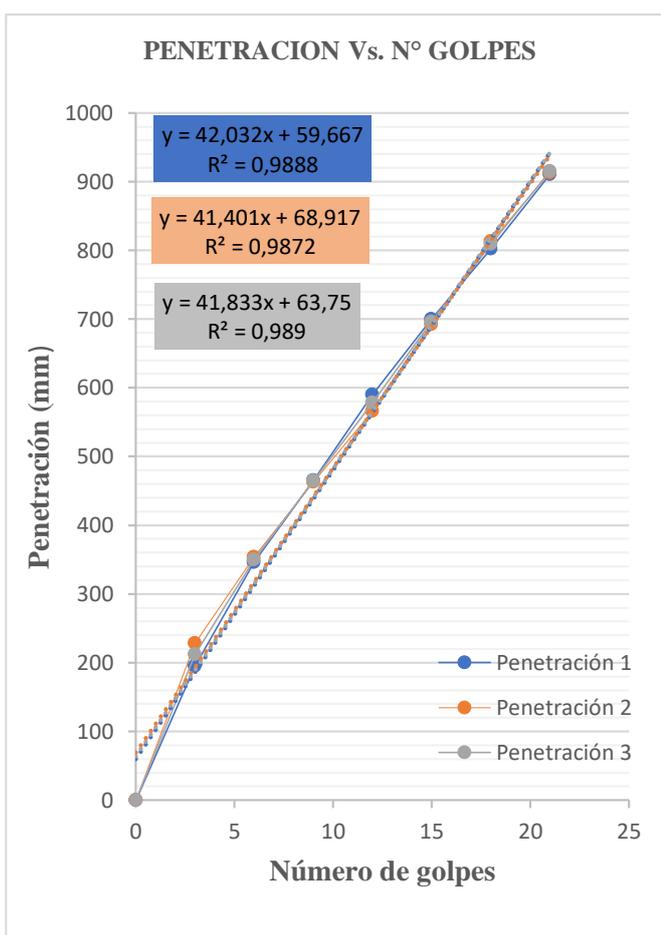
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia:	La Matriz	Proyecto:	Tesis de Grado
Vía:	Vía S/N sector Hacienda Atillo	Normas:	ASTM D 6951-03
Profundidad:	48 cm	Ensayado por:	Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa
Fecha:	15-Feb-2021	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez Maldonado
Muestra:	12	Coordenadas:	X= 757162,09 Y= 9841869,62

ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

Nº Golpe	Penetración		
	mm	mm	mm
0	0	0	0
3	195	228	212
6	346	354	350
9	465	463	464
12	590	566	578
15	700	692	696
18	802	813	809
21	910	913	915



	DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	42.03	41.76
2	41.40	
3	41.83	

Autor: Olga Estefanía Peralvo Quinaluisa

B. CONTEO VEHICULAR

		Livianos	Autobuses	Pesados			Total	TOTAL HORA
				C-2-P	C-2-G	C-3		
6:00	6:15	4	0	2	0	0	6	10
6:15	6:30	2	0	1	0	0	3	
6:30	6:45	1	0	0	0	0	1	
6:45	7:00	0	0	0	0	0	0	
7:00	7:15	5	1	0	0	0	6	24
7:15	7:30	9	0	4	0	0	13	
7:30	7:45	3	0	1	0	0	4	
7:45	8:00	1	0	0	0	0	1	
8:00	8:15	3	0	0	0	0	3	16
8:15	8:30	2	0	1	0	0	3	
8:30	8:45	4	0	1	0	0	5	
8:45	9:00	5	0	0	0	0	5	
9:00	9:15	3	0	0	0	0	3	9
9:15	9:30	3	0	2	0	0	5	
9:30	9:45	1	0	0	0	0	1	
9:45	10:00	0	0	0	0	0	0	
10:00	10:15	6	0	0	0	0	6	14
10:15	10:30	3	0	0	0	0	3	
10:30	10:45	2	0	1	0	0	3	
10:45	11:00	2	0	0	0	0	2	
11:00	11:15	3	0	0	0	0	3	17
11:15	11:30	5	0	2	0	0	7	
11:30	11:45	4	0	0	0	0	4	
11:45	12:00	3	0	0	0	0	3	
12:00	12:15	2	0	0	0	0	2	14
12:15	12:30	1	0	1	0	0	2	
12:30	12:45	3	0	2	0	0	5	
12:45	13:00	5	0	0	0	0	5	
13:00	13:15	1	1	2	0	0	4	15
13:15	13:30	2	0	0	0	0	2	
13:30	13:45	4	0	0	0	0	4	
13:45	14:00	5	0	0	0	0	5	
14:00	14:15	1	0	1	0	0	2	14
14:15	14:30	3	0	0	0	0	3	
14:30	14:45	2	0	3	0	0	5	
14:45	15:00	4	0	0	0	0	4	
15:00	15:15	2	0	0	0	0	2	12
15:15	15:30	2	0	2	0	0	4	
15:30	15:45	3	0	1	0	0	4	
15:45	16:00	2	0	0	0	0	2	
16:00	16:15	3	0	2	0	0	5	16
16:15	16:30	6	0	0	0	0	6	
16:30	16:45	3	0	1	0	0	4	
16:45	17:00	1	0	0	0	0	1	
17:00	17:15	5	0	2	0	0	7	15
17:15	17:30	3	0	1	0	0	4	
17:30	17:45	1	0	1	0	0	2	
17:45	18:00	2	0	0	0	0	2	
		140	2	34	0	0	176	

C. TABLAS DE REFERENCIA

Tabla 164 Valores Típicos de las propiedades índice de los suelos ecuatorianos

PROPIEDADES ÍNDICE	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	TIPO DE SUELO
W. nat (%)	100	200	cohesivo
	10	30	friccionante
ym in-situ (kg/m3)	0.98	1.1	cohesivo
	1.5	1.7	friccionante
yd in-situ (kg/m3)	0.5	0.8	cohesivo
	1.2	1.5	friccionante
e	12	20	cohesivo
	0.5	3	friccionante
η %	40	80	cohesivo
	5	10	friccionante
Gs %	alrededor de 2.65		cohesivo
	alrededor de 2.75		friccionante

Fuente: Mecánica de Suelos I, Maldonado L.