



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 Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y
MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LA PARROQUIA
HUAMBALÓ DEL CANTÓN SAN PEDRO DE PELILEO, PROVINCIA DE
TUNGURAHUA”**

AUTORA: Joyce Rosangela Guato Recalde

TUTORA: Ing. Mg. Ruth Lorena Pérez Maldonado

AMBATO – ECUADOR

Septiembre – 2022

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 Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LA PARROQUIA HUAMBALÓ DEL CANTÓN SAN PEDRO DE PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por la Srta. **Joyce Rosangela Guato Recalde** portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804426458, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, septiembre 2022



Ing. Mg. Ruth Lorena Pérez Maldonado

TUTORA

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Joyce Rosangela Guato Recalde**, con C.I. 1804426458, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LA PARROQUIA HUAMBALÓ DEL CANTÓN SAN PEDRO DE PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del trabajo experimental, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, septiembre 2022



Joyce Rosangela Guato Recalde

C.I. 180442645-8

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 autor.

Ambato, septiembre 2022



Joyce Rosangela Guato Recalde

C.I. 180442645-8

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Joyce Rosangela Guato Recalde, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LA PARROQUIA HUAMBALÓ DEL CANTÓN SAN PEDRO DE PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, septiembre 2022

Para constancia firman:

Ing. Mg. Myriam Marisol Bayas Altamirano
MIEMBRO CALIFICADOR

Ing. Mg. Fidel Alberto Castro Solorzano
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Este trabajo experimental está dedicado a mi ángel eterno, mi padre Juan Guato, quien ha sido mi ejemplo a seguir, mi inspiración y quien me ha dado la fortaleza para alcanzar cada uno de los sueños y objetivos que me he propuesto. Estoy segura que donde quiera que estés me has bendecido siempre. Hoy te digo mira papi ¡lo logré! Te amo y te extraño muchísimo.

A mi madre Elvia Recalde, por acompañarme, brindarme su apoyo y amor incondicional en todo momento, una mujer digna de admirar quien me enseñó a ser fuerte, a superar cualquier obstáculo y sobre todo a luchar por aquello que anhelo. Ella quien ha sido padre y madre a la vez me ha educado con amor, paciencia, dedicación y entrega absoluta. Este logro es por y gracias a ti. Te amo infinitamente mami

A mis hermanas Fernanda y Natalia, por apoyarme y cuidar de mí siempre. Por ser incondicionales y dar esa voz de aliento en los momentos difíciles.

A mi abuelita Angélica Ortiz, quien estuvo para mí hasta su último día de vida, quien velaba por mi bienestar y me brindaba todo su amor.

Joyce Rosangela Guato Recalde

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por la sabiduría, fortaleza y por llenar mi vida de bendiciones.

A mi madre, por brindarme su amor incondicional, por ser mi compañera de vida y darme ánimos en los momentos difíciles, por su constante esfuerzo digno de aplaudir, me faltaría vida para agradecer cada gesto y acción que me han llevado a ser la mujer que hoy en día soy.

A mis hermanas, quienes estuvieron pendientes del desarrollo de esta tesis, gracias por confiar en mí y nunca dejarme sola

A mis sobrinos Milán y Johan, por llenar mis días de alegría y pintar de mil colores mi alma, gracias por permitirme ser su “Tía Rosita”.

A mis tíos Estelita y Bladi (+), quienes me ayudaron en el proceso de recolección de muestras y aunque ya no esté aquí tío, agradezco la confianza y el cariño con el que me ayudó y alentó.

A la Universidad Técnica de Ambato por abrir sus puertas y permitir mi formación académica, especialmente a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil donde cursé mis estudios y conocí docentes y amigos inigualables.

A mi tutora Ing. Mg. Ruth Lorena Pérez Maldonado, quien con su conocimiento y paciencia me guió a lo largo del desarrollo de este trabajo.

A mis amigos y amigas, quienes demostraron lealtad, amistad verdadera y desinteresada, con quienes tuve vivencias increíbles y supieron ser firmes en momentos buenos y malos, son y serán mi segunda familia.

Y finalmente, a todas esas personas que de una u otra forma estuvieron pendientes de mi bienestar y me apoyaron a lo largo de mi carrera.

Joyce Rosangela Guato Recalde

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
CAPÍTULO 1	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 ANTECEDENTES DEL TRABAJO EXPERIMENTAL	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Justificación.....	2
1.1.3 Fundamentación Teórica	3
1.1.3.1 El suelo.....	3
1.1.3.2 Clasificación de los suelos	4
1.1.3.2.1 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S).....	4
1.1.3.2.2 Sistema de clasificación de suelos A.A.S.H.T.O.....	7
1.1.3.3 Propiedades índice del suelo	9
1.1.3.3.1 Peso Específico (γ_m)	10
1.1.3.3.2 Peso específico de los sólidos (γ_s, G_s).....	10
1.1.3.3.3 Contenido de humedad ($\omega, W\%$).....	10
1.1.3.3.4 Densidad Aparente (ρ)	11
1.1.3.3.5 Gravedad Específica (S_s).....	11
1.1.3.3.6 Relación de Vacíos (e).....	11
1.1.3.3.7 Porosidad ($n\%$)	11
1.1.3.3.8 Grado de saturación de agua ($G_w \%$)	12
1.1.3.3.9 Grado de saturación de aire ($G_a\%$).....	12
1.1.3.3.10 Peso específico seco (γ_d)	12

1.1.3.3.11 Densidad relativa (Cr, Dr, Id)	12
1.1.3.3.12 Límites de Atterberg	13
1.1.3.3.13 Granulometría	15
1.1.3.4 Propiedades Mecánicas del suelo	18
1.1.3.4.1 Resistencia al esfuerzo cortante	18
1.1.3.4.2 Resistencia mecánica del suelo	19
1.1.3.5 Compactación	19
1.1.3.5.1 Prueba de Proctor	21
1.1.3.5.2 Ensayo CBR (California Bearing Ratio)	24
1.1.3.5.3 Cono Dinámico de Penetración (DCP)	25
1.1.3.6 Diseño de Pavimento	27
1.1.3.6.1 Pavimento	27
1.1.3.6.2 Clasificación	29
1.1.4 Hipótesis	43
1.2 OBJETIVOS	43
1.2.1 Objetivo General	43
1.2.2 Objetivos Específicos	43
CAPÍTULO II	44
METODOLOGÍA	44
2.1 NIVELES DE TRABAJO EXPERIMENTAL	44
2.1.1 Trabajo Experimental Exploratorio	44
2.1.2 Trabajo Experimental de Laboratorio	44
2.1.3 Trabajo Experimental Analítico	44
2.1.4 Trabajo Experimental de Campo	44
2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	44
2.2.1 Población	44
2.2.2 Muestra	45
2.3 EQUIPOS Y MATERIALES	47
2.4 MÉTODOS	48
2.4.1 Plan de Recolección de Datos	48
2.4.2 Ensayos de Campo y Laboratorio	49
2.4.3 Plan de Procesamiento y Análisis de Información	53
CAPÍTULO III	55

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55
3.1	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	55
3.1.1	Propiedades Índice	55
3.1.1.1	Contenido de Humedad.....	55
3.1.1.2	Densidad de Campo	55
3.1.1.3	Gravedad Especifica.....	56
3.1.1.4	Granulometría.....	57
3.1.1.5	Límites de Atterberg.....	57
3.1.1.6	Clasificación de los Suelos.....	58
3.1.2	Propiedades Mecánicas	59
3.1.2.1	Proctor	59
3.1.2.2	CBR.....	59
3.1.2.3	DCP	60
3.1.3	Tabla resumen de los ensayos de campo y laboratorio	61
3.1.4	Nomenclatura	63
3.1.5	Correlaciones.....	64
3.1.6	Diseño Estructural del Pavimento Flexible.....	87
3.1.6.1	Conteo vehicular	87
3.1.6.2	Cálculo del tráfico actual del proyecto.....	88
3.1.6.3	Cálculo del tráfico futuro	91
3.1.6.4	Cálculo de Ejes Equivalentes (W18).....	93
3.1.6.5	Aplicación de las correlaciones para el diseño de pavimento flexible.....	104
3.2	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	109
	CAPÍTULO IV.....	110
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	110
4.1	CONCLUSIONES	110
4.2	RECOMENDACIONES	112
	BIBLIOGRAFÍA	113
	ANEXOS	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Método de Clasificación S.U.C.S	5
Tabla 2: Clasificación de materiales de carreteras subrasantes	8
Tabla 3: Tamaño de Tamices Normalizados.....	16
Tabla 4: Especificaciones de la prueba Proctor Estándar - Norma ASTM 698.....	22
Tabla 5: Especificaciones de la prueba Proctor Modificada – Norma ASTM 1577..	23
Tabla 6: Valores de Carga Unitaria.....	24
Tabla 7: Clasificación de los suelos en función del CBR	25
Tabla 8: Relaciones CBR - Mr.....	32
Tabla 9: Periodos de Diseño en Función del Tipo de Carretera	33
Tabla 10: Porcentaje de W18 según el carril de diseño	33
Tabla 11: Niveles de Serviciabilidad	34
Tabla 12: Valor de Nivel de Confianza R se acuerdo al tipo de camino	35
Tabla 13: Factores de Desviación Normal	35
Tabla 14: Espesores Mínimos en pulgadas, en función de los ejes equivalentes	36
Tabla 15: Capacidad del Drenaje	39
Tabla 16: Valores m, para modificar los Coeficientes Estructurales o de Capa de Bases y Subbases sin tratamiento, en pavimentos flexibles.....	39
Tabla 17: Confiabilidad de la Correlación	42
Tabla 18: Coordenadas de Ubicación de las Calicatas.....	46
Tabla 19: Equipos y Materiales.....	47
Tabla 20: Plan de Recolección de Datos.....	48
Tabla 21: Resultados del Ensayo de Contenido de Humedad	55
Tabla 22: Resultados del Ensayo de Densidad de Campo	56
Tabla 23: Resultados del Ensayo de Gravedad Específica	56
Tabla 24: Resultados del Ensayo de Granulometría	57
Tabla 25: Resultados del Límites de Atterberg.....	57
Tabla 26: Clasificación de los suelos	58
Tabla 27: Resultados del Proctor	59
Tabla 28: Resultados de CBR	59
Tabla 29: Resultados de DCP	60
Tabla 30: Tabla Resumen de las Propiedades del Suelo.....	61
Tabla 31: Tabla Resumen de las Propiedades del Suelo.....	62

Tabla 32: Nomenclatura y sus unidades.....	63
Tabla 33: Correlaciones entre las propiedades del suelo	64
Tabla 34: Conteo Vehicular	87
Tabla 35: Análisis de Hora Pico.....	87
Tabla 36: Coeficientes de Crecimiento Vehicular	89
Tabla 37: Tráfico Actual Total de la vía en estudio.....	91
Tabla 38: Tráfico proyectado para el tiempo de diseño.....	92
Tabla 39: Relación entre Función, Clase y Tráfico.....	92
Tabla 40: Factor de Daño según el tipo de automotor (FD)	93
Tabla 41: Factor de distribución del carril	93
Tabla 42: Cálculo del número de ejes equivalentes (W18).....	95
Tabla 43: Espesores mínimos según ejes equivalentes	96
Tabla 44: Nivel de confiabilidad "R"	96
Tabla 45: Desviación Estándar Normal Zr.....	97
Tabla 46: Determinación de valores a1	99
Tabla 47: Calidad de Drenaje.....	101
Tabla 48: Corrección de coeficiente m_2 y m_3 en base al drenaje	101
Tabla 49: Cuadro resumen para el cálculo de SN, CBR 25.85%.....	102
Tabla 50: Diseño de Pavimento Flexible, CBR 25.85%	103
Tabla 51: Propuesta de espesores de la estructura del pavimento para CBR de laboratorio.	104
Tabla 52: Cuadro Resumen para el cálculo de SN, CBR 24.25%	106
Tabla 53: Diseño de Pavimento Flexible, CBR 24.25%	107
Tabla 54: Propuesta de espesores de la estructura del pavimento.	108
Tabla 55: Resumen de diseños de pavimento	109
Tabla 56: Contenido de Humedad – muestra 1	116
Tabla 57: Contenido de Humedad – muestra 2	117
Tabla 58: Contenido de Humedad – muestra 3.....	118
Tabla 59: Contenido de Humedad – muestra 4.....	119
Tabla 60: Contenido de Humedad – muestra 5.....	120
Tabla 61: Contenido de Humedad – muestra 6.....	121
Tabla 62: Contenido de Humedad – muestra 7.....	122
Tabla 63: Contenido de Humedad – muestra 8.....	123

Tabla 64: Contenido de Humedad – muestra 9.....	124
Tabla 65: Contenido de Humedad – muestra 10.....	125
Tabla 66: Contenido de Humedad – muestra 11.....	126
Tabla 67: Contenido de Humedad – muestra 12.....	127
Tabla 68: Granulometría del suelo – muestra 1.....	128
Tabla 69: Granulometría del suelo – muestra 2.....	129
Tabla 70: Granulometría del suelo – muestra 3.....	130
Tabla 71: Granulometría del suelo – muestra 4.....	131
Tabla 72: Granulometría del suelo – muestra 5.....	132
Tabla 73: Granulometría del suelo – muestra 6.....	133
Tabla 74: Granulometría del suelo – muestra 7.....	134
Tabla 75: Granulometría del suelo – muestra 8.....	135
Tabla 76: Granulometría del suelo – muestra 9.....	136
Tabla 77: Granulometría del suelo – muestra 10.....	137
Tabla 78: Granulometría del suelo – muestra 11.....	138
Tabla 79: Granulometría del suelo – muestra 12.....	139
Tabla 80: Límite Líquido – muestra 1.....	140
Tabla 81: Límite Líquido – muestra 2.....	141
Tabla 82: Límite Líquido – muestra 3.....	142
Tabla 83: Límite Líquido – muestra 4.....	143
Tabla 84: Límite Líquido – muestra 5.....	144
Tabla 85: Límite Líquido – muestra 6.....	145
Tabla 86: Límite Líquido – muestra 7.....	146
Tabla 87: Límite Líquido – muestra 8.....	147
Tabla 88: Límite Líquido – muestra 9.....	148
Tabla 89: Límite Líquido – muestra 10.....	149
Tabla 90: Límite Líquido – muestra 11.....	150
Tabla 91: Límite Líquido – muestra 12.....	151
Tabla 92: Límite Plástico – muestra 1.....	152
Tabla 93: Límite Plástico – muestra 2.....	153
Tabla 94: Límite Plástico – muestra 3.....	154
Tabla 95: Límite Plástico – muestra 4.....	155
Tabla 96: Límite Plástico – muestra 5.....	156

Tabla 97: Límite Plástico – muestra 6	157
Tabla 98: Límite Plástico – muestra 7	158
Tabla 99: Límite Plástico – muestra 8	159
Tabla 100: Límite Plástico – muestra 9	160
Tabla 101: Límite Plástico – muestra 10	161
Tabla 102: Límite Plástico – muestra 11	162
Tabla 103: Límite Plástico – muestra 12	163
Tabla 104: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 1	164
Tabla 105: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 2	165
Tabla 106: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 3	166
Tabla 107: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 4	167
Tabla 108: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 5	168
Tabla 109: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 6	169
Tabla 110: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 7	170
Tabla 111: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 8	171
Tabla 112: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 9	172
Tabla 113: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 10	173
Tabla 114: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 11	174
Tabla 115: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 12	175
Tabla 116: Ensayo de Compactación Proctor Modificado “B” – muestra 1	176
Tabla 117: Ensayo de Compactación Proctor Modificado “B” – muestra 2	177
Tabla 118: Ensayo de Compactación Proctor Modificado “B” – muestra 3	178
Tabla 119: Ensayo de Compactación Proctor Modificado “B” – muestra 4	179
Tabla 120: Ensayo de Compactación Proctor Modificado “B” – muestra 5	180
Tabla 121: Ensayo de Compactación Proctor Modificado “B” – muestra 6	181
Tabla 122: Ensayo de Compactación Proctor Modificado “B” – muestra 7	182
Tabla 123: Ensayo de Compactación Proctor Modificado “B” – muestra 8	183
Tabla 124: Ensayo de Compactación Proctor Modificado “B” – muestra 9	184
Tabla 125: Ensayo de Compactación Proctor Modificado “B” – muestra 10	185
Tabla 126: Ensayo de Compactación Proctor Modificado “B” – muestra 11	186
Tabla 127: Ensayo de Compactación Proctor Modificado “B” – muestra 12	187
Tabla 128: Ensayo de CBR – muestra 1	188
Tabla 129: Ensayo de CBR – muestra 2	190

Tabla 130: Ensayo de CBR – muestra 3	192
Tabla 131: Ensayo de CBR – muestra 4	194
Tabla 132: Ensayo de CBR – muestra 5	196
Tabla 133: Ensayo de CBR – muestra 6	198
Tabla 134: Ensayo de CBR – muestra 7	200
Tabla 135: Ensayo de CBR – muestra 8	202
Tabla 136: Ensayo de CBR – muestra 9	204
Tabla 137: Ensayo de CBR – muestra 10	206
Tabla 138: Ensayo de CBR – muestra 11	208
Tabla 139: Ensayo de CBR – muestra 12	210
Tabla 140: Ensayo DCP – muestra 1 Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde.....	212
Tabla 141: Ensayo DCP – muestra 2 Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde.....	213
Tabla 142: Ensayo DCP – muestra 3	214
Tabla 143: Ensayo DCP – muestra 4 Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde.....	215
Tabla 144: Ensayo DCP – muestra 5 Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde.....	216
Tabla 145: Ensayo DCP – muestra 6 Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde.....	217
Tabla 146: Ensayo DCP – muestra 7 Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde.....	218
Tabla 147: Ensayo DCP – muestra 8 Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde.....	219
Tabla 148: Ensayo DCP – muestra 9	220
Tabla 149: Ensayo DCP – muestra 10	221
Tabla 150: Ensayo DCP – muestra 11	222
Tabla 151: Ensayo DCP – muestra 12	223
Tabla 152: Densidad de campo cono y arena– muestra 1	224
Tabla 153: Densidad de campo cono y arena– muestra 2.....	225
Tabla 154: Densidad de campo cono y arena– muestra 3	226
Tabla 155: Densidad de campo cono y arena– muestra 4	227
Tabla 156: Densidad de campo cono y arena– muestra 5	228
Tabla 157: Densidad de campo cono y arena– muestra 6	229
Tabla 158: Densidad de campo cono y arena– muestra 7	230
Tabla 159: Densidad de campo cono y arena– muestra 8	231
Tabla 160: Densidad de campo cono y arena– muestra 9	232
Tabla 161: Densidad de campo cono y arena– muestra 10	233
Tabla 162: Densidad de campo cono y arena– muestra 11	234

Tabla 163: Densidad de campo cono y arena– muestra 12.....	235
Tabla 164: Ficha de Conteo Vehicular	236

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Carta de plasticidad de la S.U.C.S.....	6
Figura 2: Carta de plasticidad AASHTO	9
Figura 3: Esquema de una muestra de suelo y el modelo de sus 3 fases.	10
Figura 4: Límites de Atterberg.....	13
Figura 5: Diagrama Límite Líquido (# golpes vs. W%)	14
Figura 6: Curva de distribución del tamaño de partículas.....	17
Figura 7: Diferentes tipos de curvas de compactación encontradas en suelos.....	20
Figura 8: Equipo de Cono Dinámico de Penetración (ASTM D-6951-03)	26
Figura 9: Curva DCP para una serie de valores, se observan tres capas diferentes ...	27
Figura 10: Estructura de un Pavimento Rígido	29
Figura 11: Estructura Pavimento Flexible	30
Figura 12: Estructura Pavimento Flexible	30
Figura 13: Estructura Pavimento Semirrígido	31
Figura 14: Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica "a1"	37
Figura 15: Ábaco para estimar el número estructural de la capa base granular "a2".	37
Figura 16: Ábaco para estimar el número estructural de la sub-base granular “a3” ..	38
Figura 17: Correlación Lineal Positiva	40
Figura 18: Correlación Lineal Negativa.....	40
Figura 19: Mapa Político de Huambaló.	45
Figura 20: Mapa de ubicación de las calicatas.....	46
Figura 21: Pozo a cielo abierto.....	49
Figura 22: Densidad de campo.....	49
Figura 23: Ensayo DCP.....	50
Figura 24: Gravedad específica.....	50
Figura 25: Granulometría.....	51
Figura 26: Límite Líquido	51
Figura 27: Límite plástico	52
Figura 28: Ensayo Proctor modificado	52

Figura 29: Ensayo CBR	53
Figura 30: Límite Plástico vs Límite Líquido	65
Figura 31: Gw% vs Wnat%.....	66
Figura 32: Ga% vs W nat%.....	67
Figura 33: W nat % vs Gs %	68
Figura 34: W opt (%) vs LL-LP (%).....	69
Figura 35: W ópt (%) vs LL (%) - γ_d in - situ.....	70
Figura 36: W pt (%) vs LL (%).....	71
Figura 37: γ_d máx vs LL (%) – γ_d in situ	72
Figura 38: γ_d máx vs. LL (%) – W nat(%)	73
Figura 39: γ_d máx vs LL (%) – LP (%)	74
Figura 40: γ_d in situ vs Relación de vacíos (e)	75
Figura 41: γ_d máx vs LL (%) – % pasa N.º 200.....	76
Figura 42: DN vs IP (%)	77
Figura 43: DN vs W nat (%)	78
Figura 44: DN (%) vs. Gw (%)	79
Figura 45: DN vs IP (%) – Gw (%).....	80
Figura 46: γ_d in situ vs DN – γ_d máx	81
Figura 47: γ_d in máx vs. LL (%) - DN.....	82
Figura 48: CBR% vs. LL (%) - LP (%)	83
Figura 49: CBR % - LP (%).....	84
Figura 50: CBR % - W nat (%).....	85
Figura 51: CBR (%) vs. DN (mm/golpe).....	86
Figura 52: Nomograma para determinar el coeficiente estructural de la subrasante a1	98
Figura 53: Nomograma para la determinación del coeficiente estructural a2	99
Figura 54: Nomograma para la determinación del coeficiente estructural a3	100
Figura 55: Software diseño de pavimento flexible, CBR 25.85%	102
Figura 56: Espesor de las capas del pavimento diseñado con CBR de laboratorio .	104
Figura 57: Software diseño de pavimento flexible, CBR 24.25%	106
Figura 58: Espesor de las capas de pavimento diseñado con CBR de correlaciones	108

RESUMEN

El presente trabajo experimental, se enfocó en el análisis de los suelos de la parroquia Huambaló, donde se realizaron 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, mismas que permiten definir las propiedades índice y mecánicas del suelo.

Una vez recorrida la zona de estudio se establecieron 12 sectores donde se realizaron calicatas rectangulares de 1.50 m x 1.50 m y 1.00 m de profundidad, de las cuales se extrajeron muestras alteradas para ser analizadas en laboratorio. Una vez completados los ensayos se tabularon e interpretaron los resultados, alcanzando correlaciones relevantes entre las propiedades índice y mecánicas de los suelos en estudio, con coeficientes de determinación aceptables y con buen grado de confiabilidad.

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, los resultados servirán de mucha ayuda a disminuir costos y agilizar los tiempos de trabajo en obra.

PALABRAS CLAVES: CBR, Correlación, Calicata, Coeficiente, Diseño de Pavimentos, Pavimento Flexible, Proctor Modificado.

ABSTRACT

The present experimental work focuses on the analysis of the soils of the Huambaló parish, through correlations of the California Bearing Ratio (CBR), Dynamic Cone Penetration (DCP), Modified Proctor, Liquid Limit, Plastic Limit, Granulometry, Specific Gravity and Field Density tests, which allow defining the index and mechanical properties of the soil.

Once the study area was covered, 12 sectors were established in which rectangular pits of 1.50 m x 1.50 m and 1.00 m deep were made, from which altered samples were extracted for subsequent analysis in the laboratory. Once the tests were completed, the results were tabulated and interpreted, achieving relevant correlations between the index and the mechanical properties of the soils under study, with acceptable R² squared coefficients of determination and a good degree of reliability.

Finally, the flexible pavement was designed, using the CBR determined in the laboratory, and also the CBR calculated by correlations, obtaining the same thicknesses in both cases, confirming the reliability of the correlations performed, with results that are intended to help reduce costs and speed up work times on site.

KEY WORDS: CBR, Correlation, Calicata, Coefficient, Pavement Design, Flexible Pavement, Modified Proctor.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

1.1.1 Antecedentes

A lo largo de los años se han venido realizando investigaciones sobre el suelo, dado que es una masa cambiante y se ha buscado de cierta manera mejorar sus características geotécnicas, además de determinar la resistencia de dichos suelos de una forma eficiente, rápida y abaratando costos, llegando así a correlacionar ensayos tanto in situ como de laboratorio, la mayoría de correlaciones se han conformado entorno a la obtención del valor del coeficiente de soporte de california CBR.

Según Francisco León y Raúl Zeas en Ecuador (2017), desarrollaron un trabajo experimental en el cual se analiza una metodología que permite encontrar una correlación entre el índice Dynamic Cone Penetrometer (DCP) y un índice California Bearing Ratio (CBR); en base a ensayos de laboratorio en muestras alteradas donde se determinan las propiedades físicas (Granulometría, Límites de Atterberg, Humedad y Densidad Seca) y propiedades mecánicas (DCP y CBR), ensayos realizados en la formación geológica Azogues. [1]

Los resultados obtenidos son dos correlaciones: la primera, entre el índice DCP, en golpes para penetrar 44 mm, ofrecido por el Cono S-200 desarrollado por el Prof. Sowers y el CBR; y la segunda, entre el índice DCP que ofrece el Cono desarrollado por A.J. Scala, en mm por golpe, y el CBR. [1]

La investigación realizada por Cruz Yong y Paoli Gino en Perú (2019), ejecutaron un investigación en Chiclayo, en la carretera a Pomalca, misma que se basará en el desarrollo de una nueva correlación del ensayo Penetrómetro Cono Dinámico (DCP) y california Bearing Ratio (CBR), donde se realizaron una adecuada clasificación de los suelos en los que se están trabajando, desarrollando una fórmula que involucre los dos ensayos ya mencionados obteniendo: $CBR (\%) = -6 \times 10^{-5} (\# \text{ golpes})^2 + 0.0358 (\# \text{ golpes}) - 1.1873$ donde el CBR in situ depende del número de golpes del

ensayo DCP, con ello logrando remplazar el ensayo CBR por uno más económico, rápido y de fácil manejo como lo es el DCP. [2]

En el estudio realizado por Sandoval Eimar y Rivera William presentaron los resultados de un programa experimental para la obtención de correlaciones entre el CBR de laboratorio con el DCP y ciertas propiedades índice, para lo cual se analizaron 38 muestras a lo largo del valle del cauca en Colombia, esto con el fin de garantizar seguridad y una confiabilidad del 95% y un coeficiente de correlación R mínimo de 0.60. una vez realizados los ensayos correspondientes se obtuvieron valores de $R > 0.80$ siendo valores aceptables para usar la correlación entre el CBR y el DCP. [3]

Según Contreras Edilberto y Burbano Jorge (2018), realizaron un estudio para el diseño de una estructura de pavimento de tal forma que el suelo de la subrasante sea óptima y con una capacidad de soporte excelente, considerando que los recursos para la fase de diseño de este proyecto son muy escasos, requiriendo de técnicas rápidas y de bajo costo con una alta confiabilidad, para investigar las características del suelo se tomaron 46 muestras para realizar las pruebas en campo (DCP) y la pruebas en laboratorio (CBR), para posteriormente elaborar un diagrama de dispersión y una curva de correlación entre los dos ensayos, donde se mostró valores de $R > 80\%$, llegando a la conclusión de que la correlación buscada cumple con los requerimientos de confiabilidad y puede ser usada como tal. [4]

1.1.2 Justificación

Dentro del estudio de la ingeniería civil, es de vital importancia tener un suelo con características óptimas, para soportar las cargas que transmiten las construcciones ya sea hidráulicas, estructurales y viales. En el ámbito vial, el estudio del suelo es el tema más relevante ya que de ello depende la estructura del pavimento.

La infraestructura ecuatoriana, a lo largo de la historia ha tenido afectaciones constantes por diversos agentes externos, no obstante, a ello actualmente un 74% de la red vial estatal, que está bajo la responsabilidad del gobierno nacional son vías pavimentadas, permitiendo así, el desarrollo socio económico de los pueblos haciendo posible el cumplimiento del plan nacional de desarrollo. [5]

Los ensayos CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) son pruebas efectuadas en el laboratorio con muestras alteradas, inalteradas o compactas, saturadas o no; o realizadas in situ, con el contenido de humedad existente. [5], este ensayo es un parámetro del suelo que cuantifica su capacidad resistente, además este ensayo es utilizado para el cálculo del módulo de resiliencia (M_r), parámetro primordial para el diseño de las estructuras viales, ya que éste representa la resistencia al corte dependiendo del tipo de suelo en el cual se vaya a trabajar, dicho esto es primordial conocer el valor de resistencia del suelo frente a cargas dinámicas como son los vehículos y otras cargas externas que soportan los pavimentos, además, se definirán los espesores de la base, subbase y capa de rodadura. [6]

La obtención del CBR para diversos tramos de una vía, presenta ciertas complicaciones y trae consigo costos adicionales, por este motivo se busca correlacionar el valor de soporte CBR con propiedades índice del suelo, obtenidas en laboratorio, como: Porcentaje de grava (%G), Porcentaje de arena (%S), Porcentaje de finos: limos y arcilla (%F), Límite líquido (LL), Límite plástico (LP), Índice de plasticidad (IP), Máxima densidad seca (MDD) y Contenido máximo de humedad (OMC). De esta forma se puede predecir un valor de CBR mediante una ecuación en función a la correlación entre estos parámetros, siendo así un método más factible, eficiente y económico. [6]

La presente investigación hace referencia al estudio del suelo de la parroquia Huambaló del cantón Pelileo, mediante la correlación de los ensayos de laboratorio CBR (California Bearing ratio) y en ensayos in situ DCP (Penetración Dinámica de Cono) y las propiedades índice y mecánicas del suelo, con el fin de determinar las correlaciones entre dichos ensayos, obteniendo resultados favorables para el posterior diseño preliminar del pavimento.

1.1.3 Fundamentación Teórica

1.1.3.1 El suelo

El suelo es un término del que hacen uso varios profesionales, representa todo tipo de material terroso, desde un desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o

lutitas suaves, dejando excluidas todas las rocas sanas ígneas o metamórficas y los depósitos altamente cementados que no se ablanden o desintegran rápidamente [7]

En ingeniería civil, el suelo son los sedimentos no consolidados de partículas sólidas resultado de la alteración de las rocas, o suelos transportados por agentes como agua, viento con contribución de la gravedad, por lo que es un cuerpo natural heterogéneo. [8]

La estructura del suelo puede encontrarse al natural como un talud, canal de tierra (“in situ”) o artificial, como un terraplén o un relleno (suelo como material de construcción). [8]

1.1.3.2 Clasificación de los suelos

Debido a la complejidad y la infinita variedad de suelos que se encuentran en la naturaleza se requiere de métodos de clasificación que tomen en cuenta las características de dichos suelos. A lo largo de la historia se ha llegado a la conclusión de que el método más adecuado de clasificación es aquel que se basa en la granulometría de la fracción gruesa, así como en la plasticidad de la fracción fina, teniendo así la Clasificación de los suelos S.U.C.S (Sistema Unificado de Clasificación del suelo) y la clasificación de los suelos A.A.S.H.T.O (American Association of State Highway and Transportation Officials). [8]

El método más usado y que mejor describe las características del suelo para construcciones viales y de terraplenes es la clasificación AASHTO M-145, donde en términos generales el suelo se clasifica conforme a su granulometría. [9]

1.1.3.2.1 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S)

Este sistema fue propuesto en 1952, por el doctor Arthur Casagrande como una modificación a su adaptación más general como lo fue el sistema de clasificación para aeropuertos en 1942. [10]

Inicialmente en la S.U.C.S se tienen suelos granulares o finos, según se distribuye el material que pasa el tamiz de 76.2 mm (3”), el suelo fino es cuando el 50% pasa el tamiz N.º. 200 (0.075 mm) [8]

Los suelos en este sistema se designan por símbolos de grupos, el símbolo de cada grupo está conformado por dos letras mayúsculas un prefijo que es la inicial de los

nombres ingleses de los 6 tipos de suelos más comunes, mientras que los sufijos indican subdivisiones de los grupos. [10]

Los suelos granulares se designan estos símbolos

Prefijos		Sufijos			
G	Gravas	W	Bien graduado	P	Mal graduado
S	Arena	M	Limoso	C	Arcilloso

Los suelos finos se designan con los símbolos:

Prefijos		Sufijos	
M	Limo	L	Baja plasticidad
C	Arcilla	H	Alta plasticidad
O	Orgánico		

Tabla 1: Método de Clasificación S.U.C.S

Divisiones mayores			Símbolo de grupo	Nombres Típicos	Criterios de clasificación para suelos granulares		
Suelos de grano grueso (más del 50% de la fracción gruesa es menor que el tamiz N° 200)	Gravas (más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 4)	Gravas Limpias (Pocos o ningún fino)	GW	Gravas bien graduadas, mezclas gravosas, pocos o ningún fino.	$Cu=D60/D10>4$ $Cc=1<D230/D10*D60<3$		
			GP	Gravas pobremente graduadas, mezclas grava-arena, pocos o ningún fino.	No cumplir todos los requisitos de gradación para GW		
		Gravas con finos (Cantidad apreciable de finos)	GM	Gravas limosas, mezcla grava-arena-limo.	Límite de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p<4$	A los materiales sobre la línea A con $4<I_p<7$ se considera de frontera y se les asigna doble símbolo	
			GC	Gravas arcillosas, mezcla grava-arena-arcilla.	Límite de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p>7$		
	Arenas (más de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz N° 4)	Arenas Limpias (Poco o ningún fino)	SW	Arenas bien graduadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino.	$Cu=D60/D10>6$ $Cc=1<D230/D10*D60<3$		
			SP	Arenas pobremente graduadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino.	No cumplir todos los requisitos de gradación para SW		
		Arenas con finos (Cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas arena-limo.	Límite de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p < 4$	Si el material esta con $4<I_p<7$ se considera de frontera y se les asigna doble símbolo.	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	Límite de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p > 7$		

Suelos de grano fino (más del 50 % del material pasa el tamiz N° 200)	Limos y arcillas (límite líquido $w_L < 50$)	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con poca plasticidad.	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva de granulometría. 2. Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz N° 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP Más del 12% - GM, GC, SM, SC De 5 a 12% - Casos de frontera que requieren doble símbolo.
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a mediana, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	
	Limos y arcillas (límite líquido $w_L > 50$)	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos arenosos finos, suelos elásticos.	
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos.	
	Suelos altamente orgánicos	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos.	

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. Joseph E. Bowles.

[11]

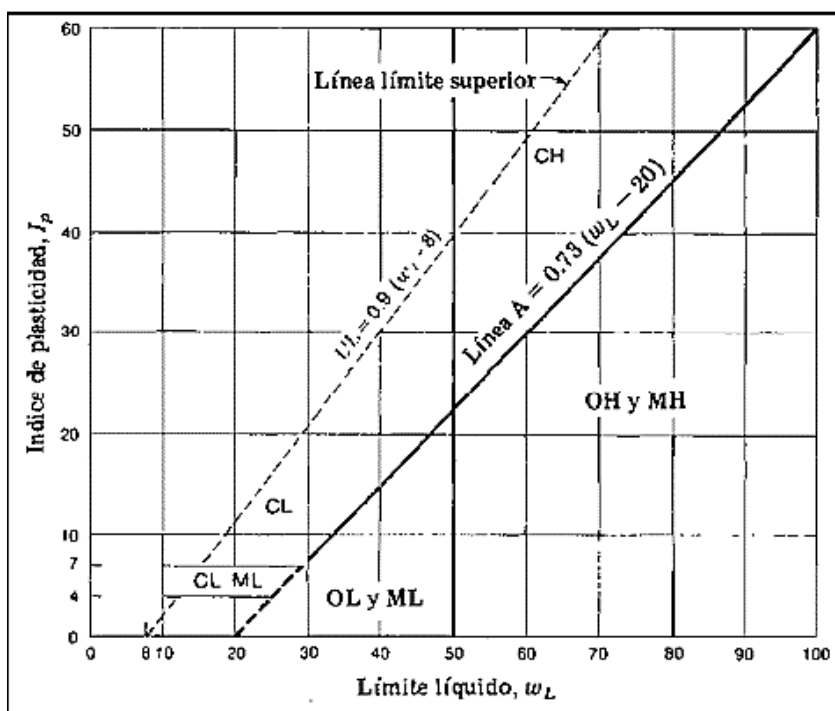


Figura 1: Carta de plasticidad de la S.U.C.S

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. Joseph E. Bowles [11]

1.1.3.2.2 Sistema de clasificación de suelos A.A.S.H.T.O

Este sistema de clasificación tuvo lugar en 1929, desarrollado por el departamento de caminos de los Estados Unidos, usándose principalmente en ingeniería vial, dado que se enfoca en el diseño adecuado de subrasante y terraplenes [13]

El sistema clasifica a los suelos en 7 grupos principales: A-1 hasta A-7, donde los 3 primeros A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares los cuales el 35% o menos de sus partículas pasan a través del tamiz N.º 200, los cuatro grupos restantes A-4, A-5, A-6 y A-7 corresponden principalmente a limos y arcillas donde más del 35% pasa a través del tamiz N.º 200 [13]

Este sistema basa su clasificación en los siguientes criterios:

a. Tamaño de grano

Grava: de un tamaño menor a 76.2 mm (3") hasta el tamiz N.º 10 (2 mm)

Arena gruesa: de un tamaño menor a 2 mm hasta tamiz N.º. 40 (0.0425 mm)

Arena fina: de un tamaño menor a 0.425 mm hasta tamiz N.º 200 (0.075)

Limos y arcillas: tamaños menores al tamiz N.º. 200 (0.075). [9]

b. Plasticidad

Limoso cuando las fracciones finas del suelo tienen un índice de plasticidad menor o igual a 10; Arcilloso cuando las fracciones finas tienen un índice de plasticidad mayor o igual a 11. [12]

c. Presencia de cantos o guijarros

Si se encuentran partículas con un tamaño mayor a 75 mm, éstas se excluyen de la muestra de suelo, no obstante, se registra el porcentaje presente de este material. [13]

Tabla 2: Clasificación de materiales de carreteras subrasantes

Clasificación General	Materiales Granulares (35% o menos del total pasa el tamiz N° 200)							Materiales laminares (más del 35% del total pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación de Grupo	A-1-a	A-2-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 N° 40 N° 200	50 máx. 30 máx. 15 máx.	50 máx. 25 máx.	50 máx. 10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características de la fracción que pasa el tamiz N° 40 Límite Líquido Wl Índice Plástico Ip	6 máx.		NP	40 máx. 10 máx.	40 máx. 10 máx.	40 máx. 11 min.	40 máx. 11 min.	40 máx. 10 máx.	40 máx. 10 máx.	40 máx. 11 min.	40 máx. 11 min.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena Fina	Limo o grava arcillosa y arena				Suelos Limosos			Suelos Arcillosos
Clasificación General de la Subrasante	Excelente a Bueno							Regular a Malo			

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M Das.

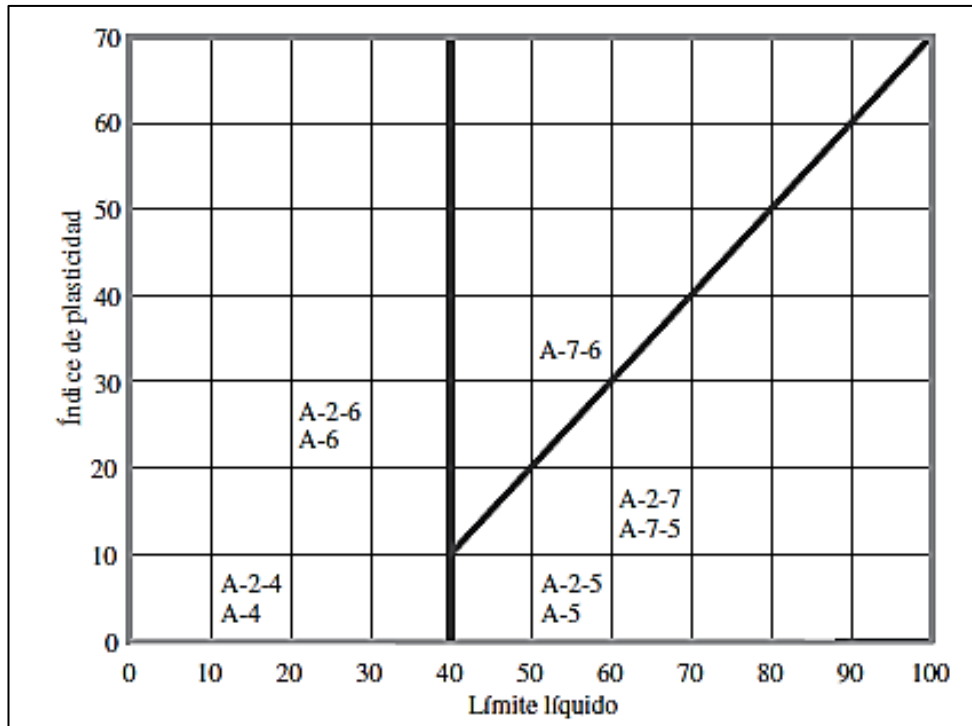


Figura 2: Carta de plasticidad AASHTO

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M Das. [13]

1.1.3.3 Propiedades índice del suelo

Son aquellas propiedades físicas del suelo, las relaciones de peso y volumen entre las fases que componen el suelo: sólido, agua y aire, que sirven para conocer el sistema operativo, parámetros físicos y comportamiento del suelo. [14]

NOMENCLATURA

W_m = Peso de masa

W_s = Peso de sólidos

W_w = Peso del líquido

W_a = Peso del aire

V_m = Volumen de masa

V_s = Volumen de sólidos

V_w = Volumen de líquido

V_a = Volumen del aire

V_v = Volumen de vacíos o huecos. [13]

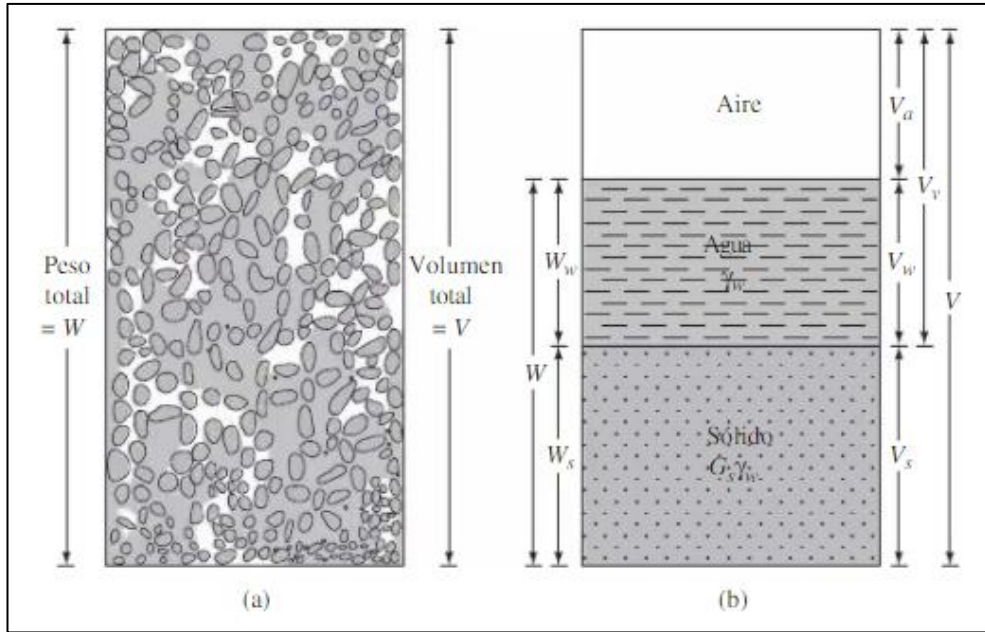


Figura 3: Esquema de una muestra de suelo y el modelo de sus 3 fases.

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M Das.

1.1.3.3.1 Peso Específico (γ_m)

Se lo llama también peso unitario, peso volumétrico, peso específico aparente. Se define como la relación entre la masa de suelo, y su volumen de masa, es decir es el peso del suelo por volumen unitario, es medido en gr/cm^3 . [15] [16]

$$\gamma_m = \frac{W_m}{V_m}$$

1.1.3.3.2 Peso específico de los sólidos (γ_s, G_s)

Llamado también peso específico de las partículas sólidas. Es la relación entre el peso sólido del suelo y el volumen de los mismo, dicho de otra forma, es el peso por unidad de volumen en la fase sólida. [16]

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$$

1.1.3.3.3 Contenido de humedad ($\omega, W\%$)

Conocido también como humedad o contenido de agua. Es una relación que se expresa en porcentaje (%) entre el peso del agua con el peso de los sólidos. [8]

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

1.1.3.3.4 Densidad Aparente (ρ)

Llamada también Densidad húmeda. Es el cociente entre la masa del suelo y su volumen. [16]

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} = \frac{W_m}{g * V_m}$$

$$\rho = \frac{\gamma}{g}$$

1.1.3.3.5 Gravedad Específica (S_s)

Conocida también como peso específico relativo de las partículas sólidas, densidad de sólidos. Se define como el peso específico de los sólidos dividido entre el peso específico del agua ($4^\circ\text{C} = 1 \text{ gr/cm}^3$). Es un valor adimensional. [16]

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

1.1.3.3.6 Relación de Vacíos (e)

Se llama también índice de poros o índice de huecos. Se define como la relación entre el volumen de vacíos del suelo y el volumen de la fase sólida de un suelo. [16]

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

$$e = \frac{V_w + V_a}{V_s}$$

1.1.3.3.7 Porosidad ($n\%$)

Se define como la probabilidad de encontrar vacíos en el volumen total, es decir la relación entre volumen de vacíos del suelo y el volumen de masa del mismo. [16] [8]

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

1.1.3.3.8 Grado de saturación de agua (G_w %)

Es la relación entre el volumen de agua contenida en un suelo y el volumen de vacíos, es expresada como un valor porcentual. [16]

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

1.1.3.3.9 Grado de saturación de aire (G_a %)

Se define como la relación entre el volumen de aire contenido de un suelo con el volumen de vacíos. Se representa en porcentaje. [16]

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

1.1.3.3.10 Peso específico seco (γ_d)

Se conoce como la relación entre el peso de una muestra seca de un suelo, y el volumen de masa. [16]

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V_m}$$

1.1.3.3.11 Densidad relativa (C_r , D_r , I_d)

Se la conoce también como compacidad relativa o índice de densidad. Está ligada a la relación de vacíos natural de un suelo gravoso o arenoso, respecto a las relaciones de vacíos máxima y mínima. [16]

$$C_r = \frac{e_{máximo} - e_{natural}}{e_{máximo} - e_{mínimo}}$$

1.1.3.3.12 Límites de Atterberg

La plasticidad es una propiedad que presentan los suelos para poder soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse. [10] Para la determinación de esta característica del suelo se emplea los Límites de Atterberg.

Albert Atterberg fue un ingeniero químico sueco que se dedicó al estudio de las propiedades del suelo, quien en 1900 desarrolló un método para medir la consistencia del suelo de grano fino con diferentes contenidos de humedad (conocidos como límites de Atterberg). [13]

Por lo tanto, sobre una base arbitraria, dependiendo del contenido de humedad, la naturaleza del comportamiento del suelo puede ser dividido en cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido. [13]

Sólido: el volumen del suelo no varía con el secado

Semisólido: tiene las propiedades de un fluido viscoso

Plástico: el suelo se comporta plásticamente

Líquido: el suelo tiene las propiedades y apariencia de una suspensión. [7]

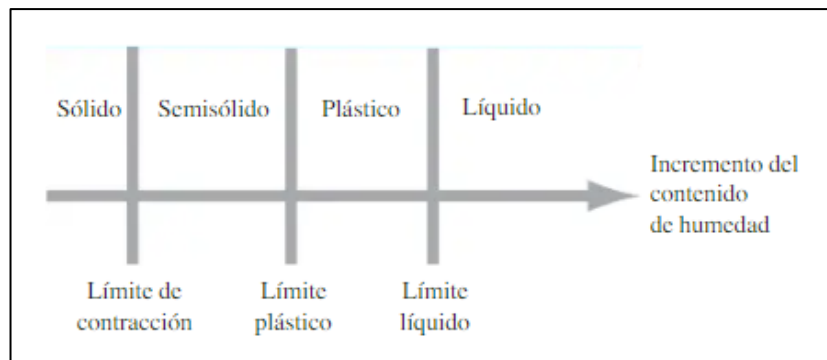


Figura 4: Límites de Atterberg

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M Das.

Límite Líquido (LL%)

Se puede definir este límite como un contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado

líquido a plástico. Según Atterberg los suelos plásticos tienen una resistencia muy pequeña en el límite líquido que es de 25 g/cm^2 . [7]

Para la determinación del límite líquido se aplica el método de la copa de Casagrande, desarrollado por el ingeniero civil austríaco Arthur Casagrande quien desarrolló el método en el año de 1932. El estudio consiste en colocar la pasta de suelo en una COPA DE LATÓN y se hace un corte en el centro de la pasta de suelo, usando la herramienta de ranurado. Posteriormente se eleva la copa con una manivela y se deja caer a una altura de 10 mm, este ensayo se lo realiza varias veces con el mismo suelo para posteriormente con los datos obtenidos realizar un diagrama que involucre el número de golpes (abscisas- coordenadas logarítmicas) y el límite líquido (ordenadas- coordenadas normales). La humedad obtenida correspondiente a 25 golpes será el límite líquido. [10] [17]

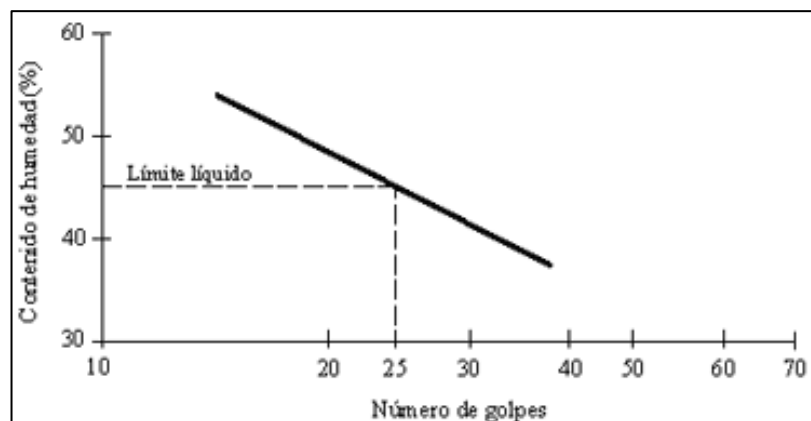


Figura 5: Diagrama Límite Líquido (# golpes vs. W%)

Fuente: Manual Práctico de Mecánica de Suelos Aguilar Y. Gonzalo

Límite Plástico (LP%)

El límite plástico se define como el menor contenido de humedad, para el cual el suelo es fácil de moldear donde los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a plástico. [10]

Este límite se determina agregando suficiente agua a la muestra de suelo, para formar una masa, que sea fácil de ser moldeada y formar cilindros de suelo de unos 3 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichos cilindros se desmoronen, cuando éste presente fisuras, ese será considerado el límite plástico. [7]

Índice de Plasticidad (IP)

Se denomina índice plástico o índice de plasticidad a la diferencia numérica entre el valor del límite líquido y el límite plástico. [10]

$$IP = LL - LP$$

Este índice hace referencia el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico, depende generalmente de la cantidad de arcilla que se encuentre en el suelo. En base al valor de índice plástico, Atterberg consideró que un IP igual a cero es un suelo no plástico, si 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. [10]

Índice de Liquidez (IL)

Es el indicativo de los esfuerzos a los que ha estado sometido el suelo a lo largo del tiempo. Si se tiene un índice de liquidez cercano a cero, se considera que el suelo es preconsolidado, si éste es cercano a 1 se dice que el suelo es normalmente consolidado. [8]

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

W_{nat} = contenido de humedad natural

Límite de contracción

Se define como el porcentaje de humedad respecto al peso seco de la muestra con el que una reducción de agua ya no afectara el volumen del suelo. La diferencia entre el índice plástico y el de contracción, se conoce como índice de contracción, mismo que señala el rango de humedad para que el suelo tenga una consistencia semisólida. [10]

1.1.3.3.13 Granulometría

Los ensayos granulométricos tienen como fin determinar en forma cuantitativa la distribución de las partículas del suelo. El análisis granulométrico consiste en separar

una muestra de suelo seleccionada, en grupos de partículas que encajen en el mismo rango de tamaños mediante el uso de tamices normalizados. [7]

Tabla 3: Tamaño de Tamices Normalizados

TYLER STANDARD		U.S. BUREAU OF STANDARDS	
MALLA NUMERO	ABERTURA mm	MALLA NUMERO	ABERTURA mm
3"	76.200	4"	101.600
2"	50.800	2"	50.800
--	26.670	1"	25.400
--	18.850	$\frac{3}{4}$ "	19.100
--	13.320	$\frac{1}{2}$ "	12.700
--	9.423	$\frac{3}{8}$ "	9.520
3	6.680	$\frac{1}{4}$ "	6.350
4	4.699	# 4	4.760
6	3.327	# 6	3.360
8	2.362	# 8	2.380
9	1.981	# 10	2.000
10	1.655	12	1.680
20	.833	20	0.840
35	0.417	40	0.420
60	0.246	60	0.250
100	0.147	100	0.149
200	0.074	200	0.074
270	0.053	270	0.053
400	0.038	400	0.037

Fuente: Mecánica de Suelo. Juárez. B Eulalio [7]

Los datos del análisis granulométrico se representan gráficamente, mediante una curva, donde se representará en las abscisas el tamaño de las partículas en una escala

logarítmica, mientras que en el eje de las ordenadas se graficará el porcentaje de materia que pasa en cada tamiz. [7]

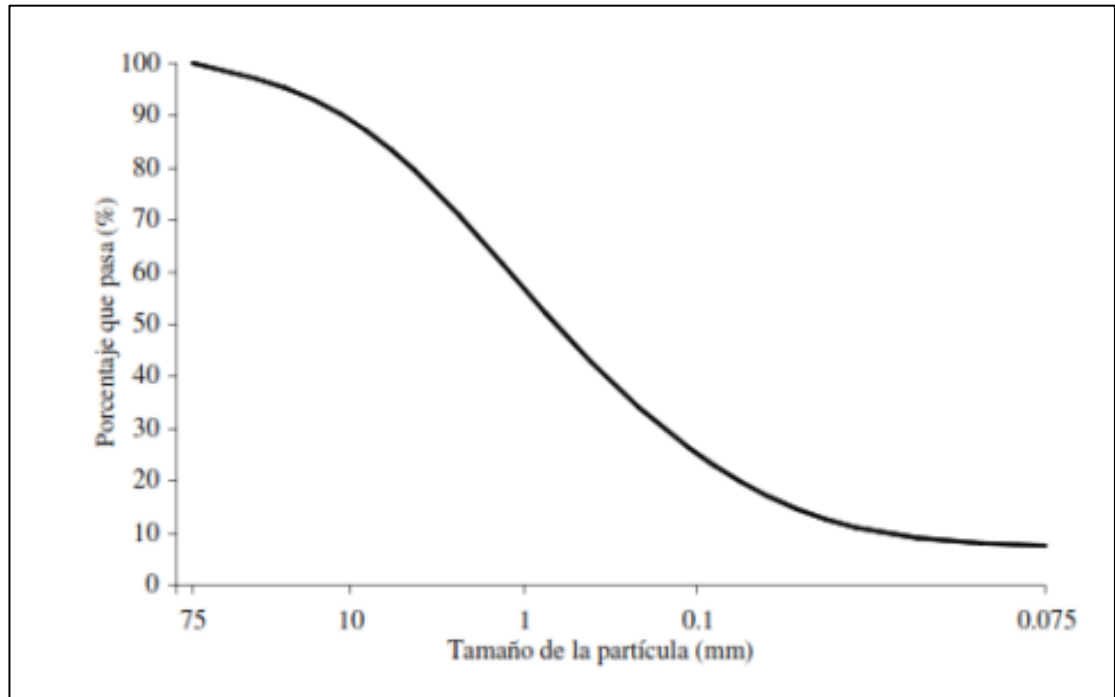


Figura 6: Curva de distribución del tamaño de partículas

Fuente: Mecánica de Suelo. Juárez. B Eulalio.

Parámetros granulométricos.

Una vez realizada la curva granulométrica ésta permite definir ciertas características que proporcionan una información completa, técnica y comprensible de la muestra analizada. [7]

Tamaño nominal máximo. (TNM)

Se define como el tamaño del grupo de partículas que alcanzan el 5% del total de la muestra. [7]

Diámetro efectivo (D₁₀)

Se define como el tamaño del grupo de partículas que representa el 10% del material que pasa expresado en milímetros. [7]

Diámetro equiparable (D₃₀)

Se define como el tamaño del grupo de partículas que representan el 30% del material que pasa expresado en milímetros. [7]

Diámetro dimensional (D₆₀)

Se define como el tamaño del grupo de partículas que representa el 60% del material que pasa expresado en milímetros. [7]

Coefficiente de uniformidad (Cu)

El coeficiente se define de la siguiente manera:

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

Esta relación en realidad es un **coeficiente de no uniformidad**, puesto que su valor numérico va a decrecer cuando la uniformidad aumenta, evalúa el grado de similitud entre las partículas. Si el $Cu > 3$ los suelos tienden a ser bien graduados, en cambio si el $Cu < 3$ los suelos tienden a ser mal graduados o muy uniformes. [7]

Coefficiente de curvatura (Cc)

Este coeficiente permite conocer la graduación del material y está definida por:

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

El coeficiente de curvatura evalúa la progresión de la variación en el tamaño de las partículas de la muestra, si la relación tiene un valor entre 1 y 3 estamos hablando de suelos bien graduados, que presentan un amplio margen de tamaños de partículas y cantidades apreciables de cada tamaño intermedio. [7]

1.1.3.4 Propiedades Mecánicas del suelo

1.1.3.4.1 Resistencia al esfuerzo cortante

La resistencia al esfuerzo cortante, generalmente se expresa mediante la fórmula de Columb, el valor de resistencia es un dato primordial para conocer el grado de

estabilidad en los casos en que ésta depende del comportamiento estructural de los suelos

$$s = c + \sigma_n * \tan\phi$$

En donde: s= resistencia al esfuerzo cortante

c= cohesión

σ_n = esfuerzo normal

ϕ = ángulo de fricción interna

Se debe tomar ciertas consideraciones, para suelos puramente cohesivos como lo son las arcillas y limos plásticos $c \neq 0$ y $\phi = 0$, mientras que para los suelos puramente friccionantes que comprenden las gravas, arenas y limos no plásticos $c = 0$ y $\phi \neq 0$. [18]

1.1.3.4.2 Resistencia mecánica del suelo

Esta propiedad hace referencia a la resistencia interna de un suelo por una unidad de área, que el suelo presenta ante una falla o deslizamiento en cualquier plano.

Estos datos del suelo permiten solucionar problemas de estabilidad y capacidad de carga en cimentaciones, pozos y pilotes. [13]

1.1.3.5 Compactación

Se considera como el aumento artificial del peso volumétrico seco del suelo, por medios mecánicos, esto se logra a costa de la reducción de los vacíos, consiguiendo un mejor acomodo de las partículas expulsando aire y/o agua dentro del material. [19]

La compactación mejora las características del suelo principalmente: resistencia al esfuerzo cortante, resistencia a los asentamientos bajo cargas futuras y la impermeabilidad. [19]

Como resultado de varias investigaciones sobre la compactación, se propone algunos ensayos acordes al tipo de suelo, finalmente dando como resultado las cantidades de humedades óptimas y pesos volumétricos, dependiendo de la energía de compactación. [19]

Factores que influyen en la compactación de los suelos

Aparte del contenido inicial de agua y de la energía específica de compactación, que son los más importantes, hay otros como el efecto del tipo de suelo y esfuerzo de compactación que afectan a la compactación. [13]

La distribución de tamaño de grano, forma con los granos del suelo integran el peso específico de sólidos, y la cantidad y tipo de minerales de arcilla presentes tiene una gran influencia en la unidad de peso seco máxima y el contenido de humedad óptimo. [13]

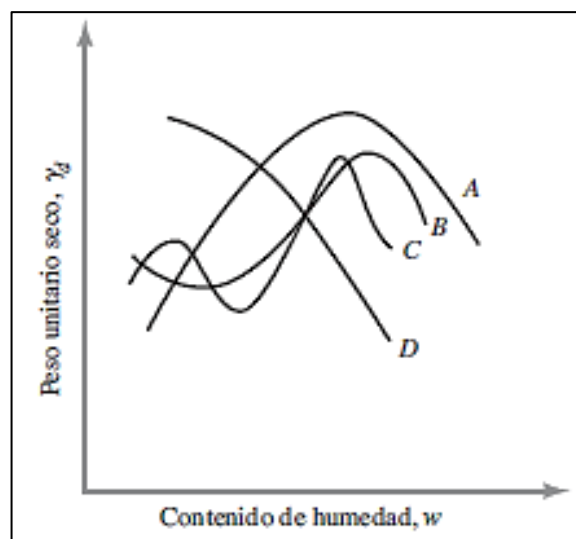


Figura 7: Diferentes tipos de curvas de compactación encontradas en suelos

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M. Das.

Las curvas de compactación tipo A son las que tienen un solo pico, presentes generalmente en los suelos que tienen un límite líquido entre 30 y 70. El tipo de curva B con un pico y medio, y el tipo de curva C es una curva de doble pico. Las curvas tipo B y C se pueden encontrar en suelos que tienen un límite líquido inferior a 30. Las curvas de compactación tipo D no tienen un pico definido con un límite líquido mayor a 70. [13]

Energía de Compactación

Es la energía que se entrega al suelo por unidad de volumen, durante el proceso mecánico que se aplique.

Para procesos de compactación realizados en laboratorio, donde se compacta el suelo por medio de impactos con un pistón, la energía de compactación se puede definir por la siguiente expresión:

$$E = \frac{N * n * W * h}{V} = \frac{Kg * cm}{cm^3}$$

Donde:

E= Energía de compactación.

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

n = Número de capas que requieren para llenar el molde.

W = Peso del pistón compactador (kg)

H = Altura de caída del pistón al aplicar los impactos al suelo. (cm)

V= Volumen total del molde de compactación, igual al volumen de suelo compactado. (cm³) [13]

1.1.3.5.1 Prueba de Proctor

La prueba de Proctor se basa en la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo compactado para diferentes contenidos de humedad, para determinar el peso volumétrico seco máximo que puede alcanzar un material, así como la humedad óptima a la que deberá hacerse la compactación, adicional a ello permite conocer el grado de compactación que tuvo el suelo en el proceso constructivo o cuando éste ya esté en uso. [10]

En todos los suelos, al incrementarse su humedad se aplica un medio lubricante entre sus partículas que permite que se acomoden entre éstas cuando se sujetan a un esfuerzo de compactación. La prueba de Proctor está limitada a los suelos que pasen totalmente la malla No. 4, o máximo tengan un retenido de 10% en esta malla, pero que pase dicho retenido totalmente la malla 3/8", cuando haya material retenido en la malla 3/8" debe determinarse la humedad óptima y el peso volumétrico seco máximo con la prueba de Proctor Estándar. [10]

Prueba de Proctor Estándar

Esta prueba viene normada por la AASHTO T99-01 y ASTM D698, este método describe el procedimiento para la determinación de la relación entre el contenido de humedad y la densidad de los suelos compactados en un molde de diámetro normado, con un pistón de 2.5 kg que cae a una altura de 305 mm. Existen 4 métodos con sus respectivas especificaciones para realizar esta prueba y que se presentan en la siguiente tabla. [20]

Tabla 4: Especificaciones de la prueba Proctor Estándar - Norma ASTM 698

Elemento	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
Volumen del molde	943.3 cm ³	943.3 cm ³	2124 cm ³
Peso del martillo	24.4 N	24.4 N	24.4 N
Altura de la caída del martillo	304.8 mm	304.8 mm	304.8 mm
Número de golpes de martillo por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	3	3	3
Energía de compactación	591.3 KN-m/m ³	591.3 KN-m/m ³	591.3 KN-m/m ³
Suelo utilizado	Porción que pasa el tamiz No. 4. Puede ser utilizada si 20% o menos del peso es retenido el tamiz No. 4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz No. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm.	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm.

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M. Das. [13]

Prueba de Proctor Modificado

Este ensayo se rige a la normativa AASHTO T180-1 Y ASTM D1557, este método determina la relación entre el contenido de humedad y la densidad de los suelos compactados en un molde de tamaño establecido. [21]

Tabla 5: Especificaciones de la prueba Proctor Modificada – Norma ASTM 1577

Elemento	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
Volumen del molde	943.3 cm ³	943.3 cm ³	2124 cm ³
Peso del martillo	44.5 N	44.5 N	44.5 N
Altura de la caída del martillo	457.2 mm	457.2 mm	457.2 mm
Número de golpes de martillo por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	5	5	5
Energía de compactación	2696 KN-m/m ³	2696 KN-m/m ³	2696 KN-m/m ³
Suelo utilizado	Porción que pasa el tamiz No. 4. Puede ser utilizada si 20% o menos del peso es retenido el tamiz No. 4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz No. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm.	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm.

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M. Das [13]

El objetivo de este ensayo es determinar la densidad húmeda para el mismo suelo con diferentes contenidos de humedad, para posteriormente graficar la Curva de Compactación Proctor, que es el Contenido de humedad vs. Densidad seca, y es en esta gráfica donde se puede determinar el valor de humedad óptima y la densidad máxima del suelo. [21]

1.1.3.5.2 Ensayo CBR (California Bearing Ratio)

El ensayo de relación de soporte de california, es un parámetro del suelo que cuantifica la capacidad resistente como subrasante, sub base y base en el diseño de pavimentos, este método fue propuesto en 1929 por los ingenieros Stanton y Porter del departamento de carreteras de California. Es un ensayo empírico que se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad. [6]

El número CBR, se obtiene mediante la relación entre la carga unitaria requerida para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón dentro de la muestra compactada de suelo, con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado. El número CBR es un porcentaje de la carga unitaria patrón. [11]

$$CBR = \frac{Carga\ Unitaria\ del\ Ensayo}{Carga\ Unitaria\ Patrón} \times 100\%$$

Tabla 6: Valores de Carga Unitaria

PENETRACIÓN		CARGA UNITARIA PATRÓN	
	pulg	Mpa	psi
2.5	0.10	6.9	1000
5.0	0.20	10.3	1500
7.5	0.30	13.0	1900
10.0	0.40	16.0	2300
12.7	0.50	18.0	2600

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. Bowles J.

Generalmente, este valor se basa en la relación de carga para una penetración de 2.5 mm. Sin embargo, si el valor de CBR a una penetración de 5.0 mm es mayor, el ensayo debería repetirse. Si en un segundo ensayo se produce nuevamente un valor mayor a 5.0 mm de penetración, dicho valor debe aceptarse como valor final del ensayo. [11]

Este ensayo es uno de los parámetros necesarios obtenidos en los estudios geotécnicos previos al diseño y la construcción de carreteras. Aunque los nuevos métodos de diseño de pavimentos incluyen parámetros más representativos de la resistencia del suelo, el CBR sigue siendo usado por su sencillez y simplicidad en su ejecución. [11]

Tabla 7: Clasificación de los suelos en función del CBR

CBR	Calificación	Uso	SUCS	AASHTO
0-3%	Muy Pobre	Subrasante	CH-MH	A5, A6, A7
3-7%	Pobre - Regular	Subrasante	CH-MH	A4, A5, A6, A7
7-20%	Regular	Subrasante	CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20-50%	Bueno	Base – Subbase	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2- 6
>50%	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Fuente: Manual de laboratorio de Suelos para Ingeniería civil. Bowles J.

1.1.3.5.3 Cono Dinámico de Penetración (DCP)

El DCP fue desarrollado por Scala en 1956, y tras ensayos realizados en campo por (Livneh en 1987 y Kleyn en 1975), que han sido fundamentales para la evaluación de pavimentos. Este equipo es utilizado principalmente para evaluar la resistencia de suelos tanto inalterados como compactados por medios mecánicos y estimar un valor de CBR en campo, teniendo como ventaja su simplicidad y economía en su uso. [22]

Implícitamente, el DCP estima la capacidad estructural de las diferentes capas que conforman a un pavimento, al mismo tiempo detecta el grado de heterogeneidad que puede encontrarse en una sección y la uniformidad de compactación del material, de una manera rápida, continua y bastante precisa. [23]

Especificaciones del equipo

La ASTM publicó una metodología estándar para el uso y aplicación del DCP, mismo que utiliza un equipo basado en el dimensionamiento de Sowers, con un martinete de 8 kg el cual tiene una caída libre de 575 mm y un cono con punta intercambiable con un ángulo de 60° y un diámetro de 20 mm. [23]

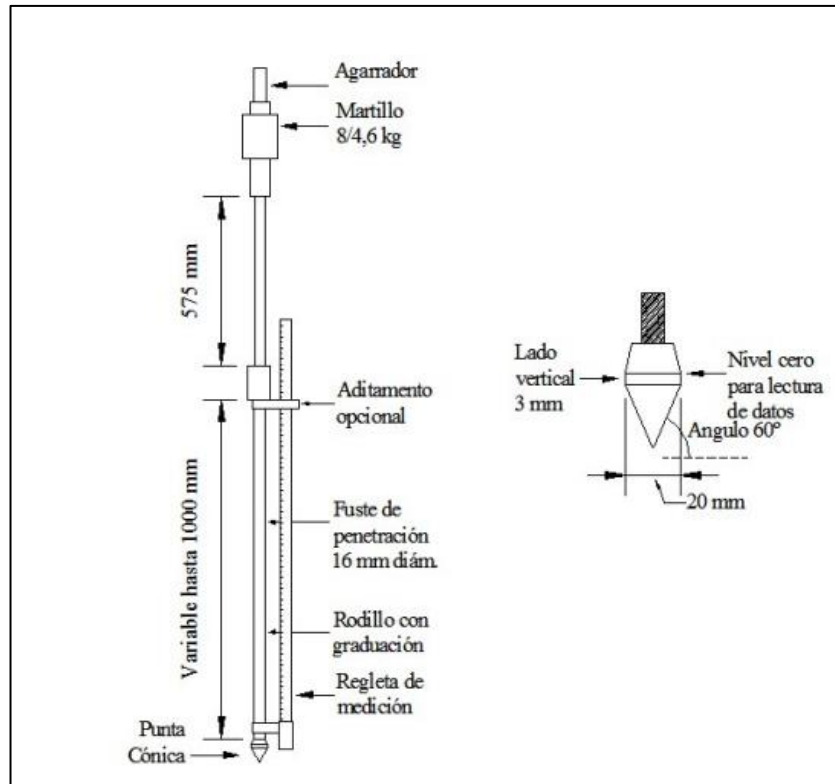


Figura 8: Equipo de Cono Dinámico de Penetración (ASTM D-6951-03)

Fuente: El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos
F. V. Agreda

Curva DCP

Una vez realizado el ensayo con el equipo DCP se procede a realizar la gráfica de los datos obtenidos, misma que, representa la penetración acumulada en función al número de golpes acumulados para cada dato. En la gráfica se puede identificar el número de capas existentes que se suele representar por rectas de diferentes pendientes. [23]

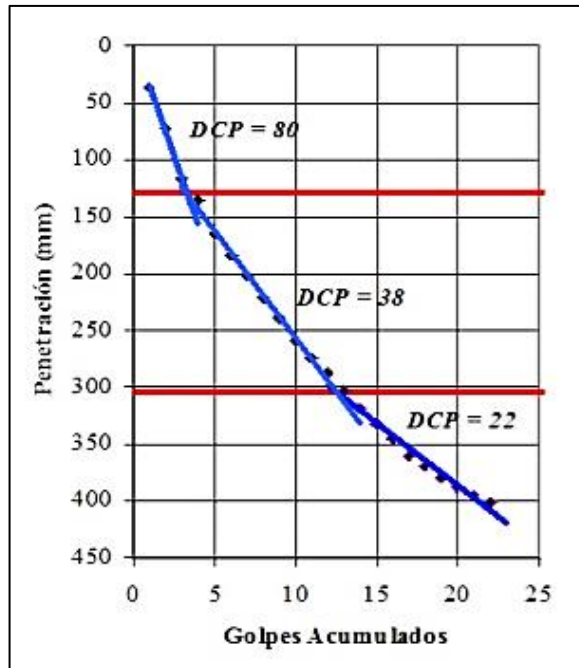


Figura 9: Curva DCP para una serie de valores, se observan tres capas diferentes

Fuente: El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos
F. V. Agreda

Número DCP

Este número representa la penetración obtenida por golpe y se expresa en mm/golpe; es el valor de la pendiente de la curva DCP para la capa en estudio, mientras más vertical sea la gradiente, menor será la resistencia del suelo.

De la misma manera, esta medida de penetración describe la resistencia promedio de un suelo a través de cierta profundidad alcanzada, la cual se determina como el trabajo realizado por el suelo para detener el cono de penetración, dividido entre la distancia de penetración. [23]

1.1.3.6 Diseño de Pavimento

1.1.3.6.1 Pavimento

Los pavimentos es un conjunto de capas de material seleccionado que absorben en forma directa las cargas producidas por el tránsito y que son transmitidas al terreno de fundación. [24]. Además, facilitan soluciones para la configuración de caminos

siendo concebidos, diseñados y contruidos pensado en mejorar y mantener condiciones óptimas para el tránsito de personas, de bienes y servicios, durante su vida útil. [25]

Según el MTOP el pavimento se define como: "Nombre genérico para toda la "estructura" de un pavimento (Firme). No obstante, se lo utiliza también para designar solo la capa de rodadura, especialmente cuando ella está constituida por una carpeta." [5]

Estructura del pavimento

Es la combinación de capas de SUBBASE, BASE y de SUPERFICIE o RODADURA colocadas sobre una SUBRASANTE, cuya finalidad es soportar las cargas producidas por el tránsito y distribuir las sobre la plataforma. [5]

Subrasante

Es la superficie superior de la obra, preparada como terreno de fundación de la estructura del pavimento. La función de esta capa es soportar las cargas que transmite el pavimento y darle sustentación, puede considerarse como la cimentación. Entre mejor sea la calidad de esta capa, se puede mermar el espesor de la capa de rodadura y por consiguiente disminuir costos conservando la calidad. [26]

Sub-base

Es una capa compuesta por agregados obtenidos mediante proceso de trituración o de cribado y se extiende sobre la subrasante previamente preparada y aprobada. [5]. Esta capa tiene como objetivo, servir de capa de drenaje, controlar y eliminar en lo posible los cambios volumétricos y disminuir la plasticidad que perjudican al terreno de fundación y por último controla la capilaridad del agua proveniente de niveles freáticos. [25]

Base

Es aquella capa que tiene como finalidad, absorber todos los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos y repartirlos uniformemente a la capa de sub-base y a la subrasante, el suelo para esta capa puede ser de material granular o estar

confirmadas por mezclas bituminosas (asfalto) o mezclas estabilizadas con cemento u otro material ligante. [25]

Capa de rodadura

Esta capa tiene como función primordial proteger a la capa base, de manera que la impermeabilice para evitar filtraciones de agua lluvia. Además, evita el desgaste de la base producida por el tráfico de vehículos, en ciertos casos aumenta la capacidad de soporte. [9]

1.1.3.6.2 Clasificación

Los pavimentos se clasifican en 3 tipos: Rígidos, Semirrígidos, Flexibles y Articulados.

Pavimentos Rígidos

Son aquellos pavimentos en los cuales la losa de concreto de cemento Portland es el principal componente estructural, es el encargado de aliviar las tensiones de las capas subyacentes gracias a su elevada resistencia a la flexión La losa de hormigón permite disipar de mejor manera las cargas de tránsito, reduciendo los esfuerzos del suelo, por este motivo la capa inmediatamente inferior (sub-base) a la losa de hormigón, puede ser constituida por materiales cuya capacidad de soporte sea inferior a la requerida por los materiales de la capa base. [24]

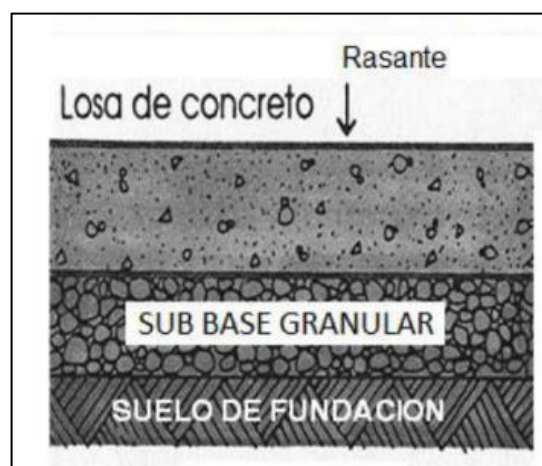


Figura 10: Estructura de un Pavimento Rígido

Fuente: Diseño de Pavimentos. Moreira F.

Pavimentos flexibles

Son aquellos que conforman un revestimiento asfáltico sobre una base granular, tensiones y deformaciones generadas en la estructura por las cargas de los vehículos que se distribuyen de tal manera que la capa de revestimiento y base absorben las tensiones verticales de compresión del suelo de fundación., es decir, que los pavimentos adoptan las deformaciones del suelo sin que se produzcan tensiones adicionales. Las capas que conforman este pavimento son: carpeta asfáltica, base, sub-base y suelo de fundación. [9]



Figura 11: Estructura Pavimento Flexible

Fuente: Diseño de Pavimentos. Moreira F. [9]

Pavimentos semirrígidos

Es un pavimento que tiene similitud al pavimento flexible, la diferencia que una de sus capas granulares, normalmente la base, ésta rigidizada artificialmente con aditivo

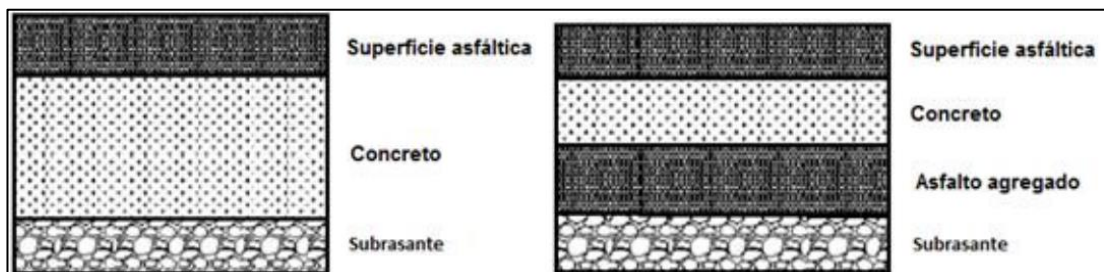


Figura 12: Estructura Pavimento Flexible

Fuente: Diseño de Pavimentos. Moreira F

Pavimentos articulados

Estos pavimentos se caracterizan por estar compuestos por una capa de rodadura elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamado adoquines se puede considerar también pavimento articulado a los empedrados. [9]

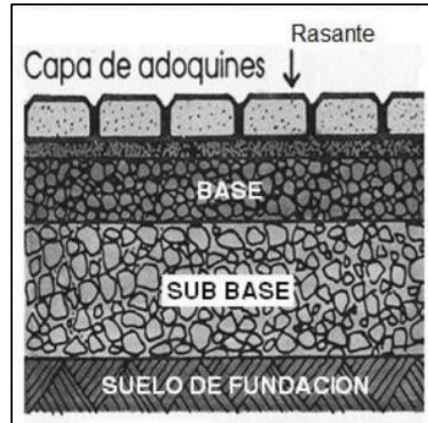


Figura 13: Estructura Pavimento Semirrígido

Fuente: Diseño de Pavimentos. Moreira F.

Diseño de Pavimento Flexible

El método de diseño para pavimentos flexibles es AASHTO 93, desarrollado en Estados Unidos en la década de los 60, establece que la superficie de rodamiento está conformada por concreto asfáltico y tratamientos superficiales, para soportar niveles significativos de tránsito. [24]

Ecuación de Diseño Método AASHTO 93

El diseño para el pavimento flexible según la AASHTO 93 está basado en la determinación del Número Estructural “SN” que debe soportar el nivel de carga exigido por el proyecto. [24]

$$\log W_{18} = Z_r S_o + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log(Mr) - 8.07$$

Donde:

- W_{18} = Número de aplicación de carga de 80 KN
- Z_r = Desviación estándar normal

- S_o = Desviación estándar global
- SN= Número estructural
- Δ PSI= Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño
- M_r = Módulo resiliente de la subrasante

Módulo de Resiliencia

Se establece el módulo de resiliencia M_r , para evaluar las variaciones en el contenido de humedad de la subrasante, las cuales producen alteraciones en la resistencia del suelo. Si no se cuenta con la posibilidad de obtener el Módulo resiliente M_r , se puede estimar el valor M_r en función del CBR. [24]

- Para $CBR < 10\%$
 $M_r = 1500 \times CBR$ (psi)
- Ecuación Propuesta en Sudáfrica
 $M_r = 3000 \times CBR$ (psi)
- En suelos granulares
 $M_r = 4326 \times \ln CBR + 241$

El Instituto del Asfalto mediante ensayos de laboratorio realizados en 1982, obtuvo las siguientes relaciones:

Tabla 8: Relaciones CBR - M_r

Tipo de Suelo	% CBR	M_r (psi)
Arena	31	46500
Limo	20	30000
Arena magra	25	37500
Limo – arcilla	25	37500
Arcilla limosa	8	11400
Arcilla pesada	5	7800

Fuente: Pavimentos - Universidad Mayor de San Simón.

Período de Diseño

Se define como el tiempo elegido al iniciar el diseño, evaluando las características y el comportamiento del pavimento, para distintas alternativas a largo plazo, con el fin

de satisfacer la exigencia del servicio durante el periodo de diseño elegido, a un costo totalmente razonable.

Generalmente el periodo de diseño será mayor al de la vida útil del pavimento, debido a que en el análisis incluye al menos una rehabilitación o recrecimiento, siendo superior a 20 años. [9]

La AASHTO recomienda el periodo de diseño en función del tipo de carretera:

Tabla 9: Periodos de Diseño en Función del Tipo de Carretera

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

Fuente: AASHTO, Guía de Diseño de Pavimentos

Tránsito Equivalente

Según la AASHTO, existe un valor de carga para el cual se producen daños al pavimento, dado en función del número de pasadas de un eje sencillo de 18000 lb (8.2 Ton), transmitidos durante el periodo de diseño seleccionado. [9]

Tabla 10: Porcentaje de W18 según el carril de diseño

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

Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93

Índice de Serviciabilidad

Se denomina índice de serviciabilidad a la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Se determina la condición del pavimento de acuerdo al nivel de serviciabilidad calificada por los usuarios. [27]

Tabla 11: Niveles de Serviciabilidad

Índice de Serviciabilidad (PSI)	Calificación
5-4	Muy Buena
4-3	Buena
3-2	Regular
2-1	Mala
1-0	Muy mala

Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93

La disminución del índice de serviciabilidad (ΔPSI), muestra el deterioro del pavimento y la pérdida de la calidad de servicio de la carretera. [27]

$$\Delta\text{PSI} = p_o - p_f$$

Donde:

- ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final o terminal deseado.
- p_o = Índice de servicio Inicial.
- p_f = Índice de servicio final.

Para el diseño de pavimentos flexibles, el índice de servicio inicial es igual a 4.2, mientras que para el índice de servicio final se recomienda valores entre 2.5 o 3.0 para caminos principales y 2.0 para secundarios. [9]

Nivel de Confianza y Desviación Estándar

El nivel de confianza es un parámetro importante introducido por la AASHTO, que relaciona el desempeño del pavimento frente a las sollicitaciones exteriores. La confiabilidad (R) se define como la probabilidad de que el pavimento diseñado se

comporte de una manera satisfactoria durante su vida de proyecto, bajo las condiciones de carga e intemperismo, o la probabilidad de que los problemas de fallas estén por debajo de los niveles permisibles. Para elegir el valor de este parámetro se considera la importancia del camino, el tránsito de diseño pronosticado y la resistencia de cada una de las capas. [9]

Tabla 12: Valor de Nivel de Confianza R se acuerdo al tipo de camino

Tipo de Camino	Zonas Urbanas	Zonas Rurales
Autopistas	85-99.9	80-99.9
Carreteras de primer orden	80-95	75-95
Carreteras secundarias	80-95	75-95
Caminos vecinales	50-80	50-80

Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93

El valor de confiabilidad R, está relacionado estadísticamente con un valor del coeficiente de desviación estándar normal (Z_R), que determina un factor de confiabilidad en conjunto con el factor de desviación estándar global (S_o).

La AASHTO sugiere que el rango de desviación estándar se encuentre entre los siguientes valores. [24]

$$0.40 \leq S_o \leq 0.50$$

Tabla 13: Factores de Desviación Normal

Confiabilidad	Z_R	Confiabilidad	Z_R
50	0	92	-1.405
60	-0.253	94	-1.555
70	-0.524	95	-1.645
75	-0.674	96	-1.751
80	-0.841	97	-1.881
85	-1.037	98	-2.054
90	-1.282	99	-2.327

Fuente: Pavimentos- Universidad Mayor de San Simón

Determinación de espesores por capa

Los espesores de cada capa del pavimento flexible están íntimamente relacionados con el número estructural “SN”, para la cual la AASHTO presenta la siguiente ecuación:

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

Donde:

a_1, a_2, a_3 = Coeficientes estructurales de capa de carpeta base y sub-base respectivamente.

D_1, D_2, D_3 = Espesor de la carpeta, base y sub-base respectivamente, en pulgadas.

m_2 y m_3 = Coeficientes de drenaje para base y sub-base respectivamente.

Se deberá respetar los valores mínimos para los espesores D_1 y D_2 de acuerdo al tránsito de ejes equivalentes sencillos acumulados. [24]

Tabla 14: Espesores Mínimos en pulgadas, en función de los ejes equivalentes

Tránsito en ejes equivalentes	Carpetas de concreto asfáltico (D1)	Bases Granulares (D2)
Menos de 50000	1.0 o T.S.	4.0
50000-150000	2.0	4.0
150001-500000	2.5	4.0
500001-2000000	3.0	6.0
2000001-7000000	3.5	6.0
Mayor de 7000000	4.0	6.0

T.S = Tratamiento superficial

Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93

Los coeficientes de capa a_1, a_2, a_3 , se obtienen utilizando las correlaciones de valores de diferentes pruebas de laboratorio: Módulo Resiliente, Valor R y CBR. Para su determinación se utiliza los siguientes ábacos. [24]

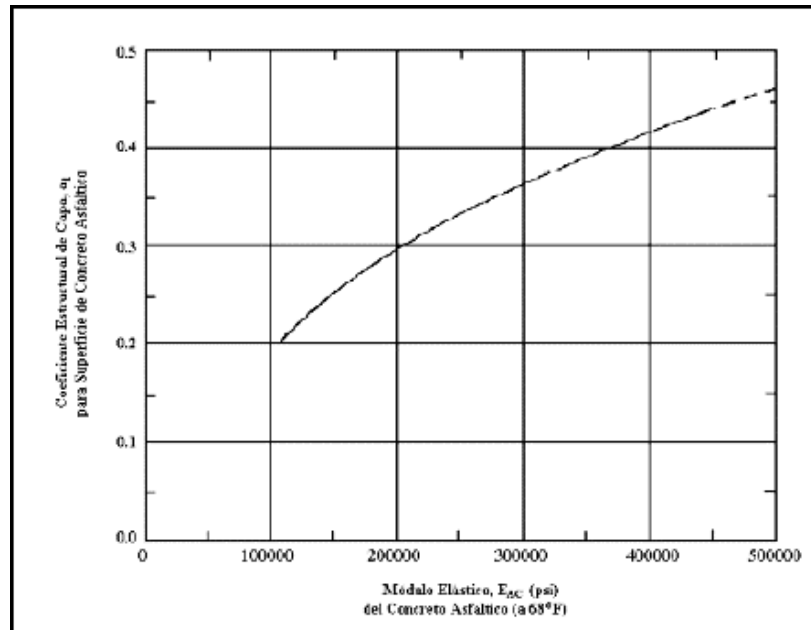


Figura 14: Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica "a1"

Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93

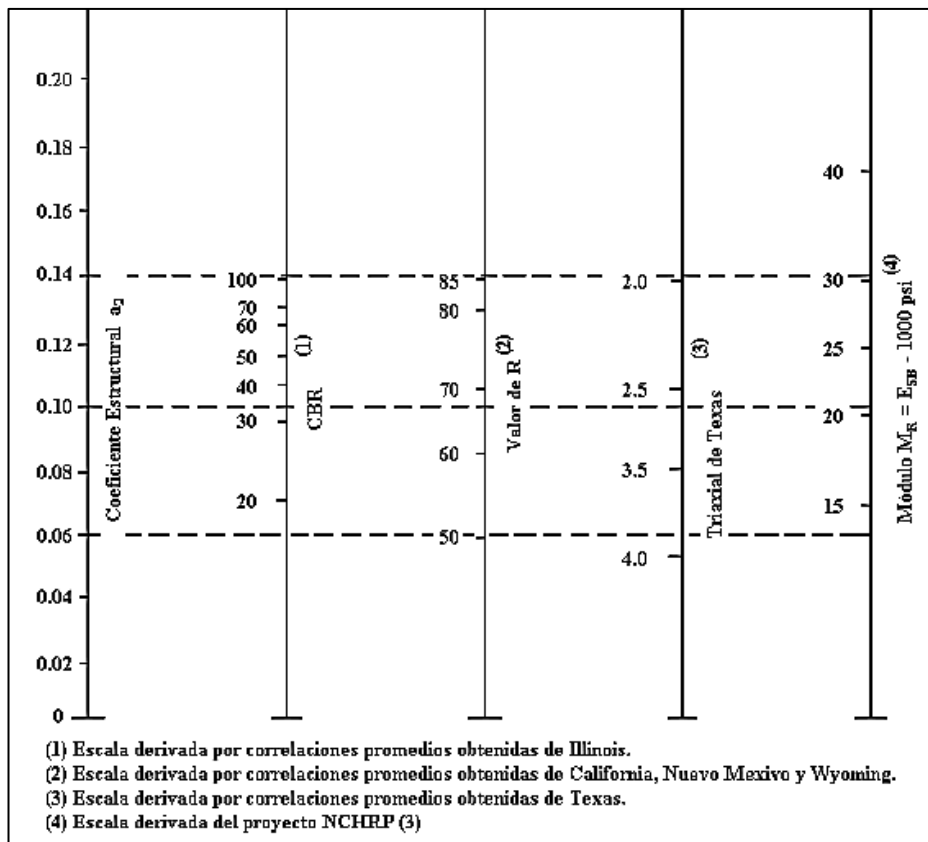


Figura 15: Ábaco para estimar el número estructural de la capa base granular "a2"

Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93

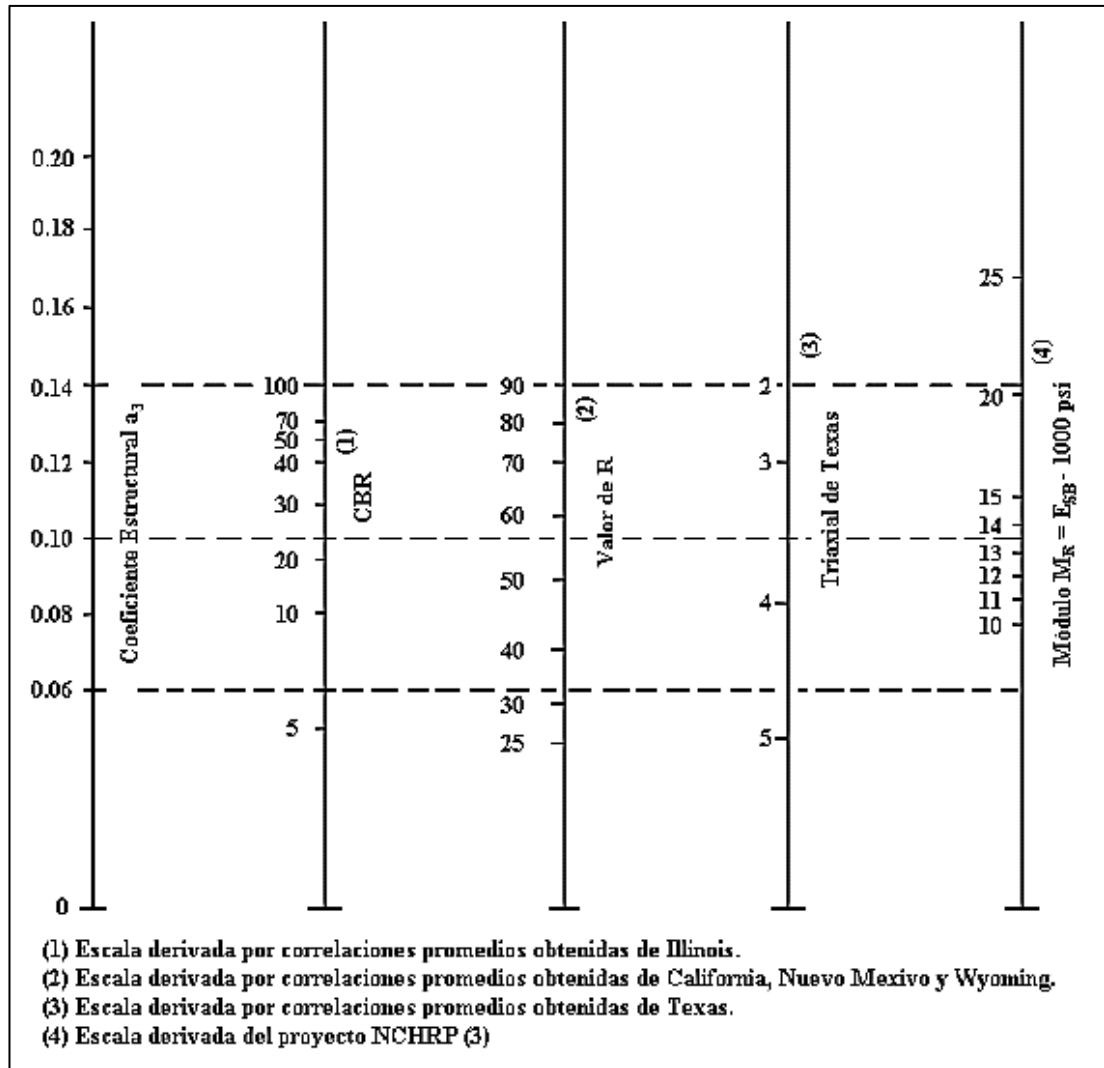


Figura 16: Ábaco para estimar el número estructural de la sub-base granular “a3”

Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93

Coeficiente de Drenaje C_d

El valor del coeficiente de drenaje depende de dos parámetros: la capacidad de drenaje, que se determina de acuerdo al tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento, y el porcentaje de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación. [24]

La AASHTO define cinco capacidades de drenaje, que se muestran a continuación:

Tabla 15: Capacidad del Drenaje

Calidad de drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	Agua no drenada

Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93

La AASHTO establece factores de corrección m^2 (bases) y m^3 (subbases granulares sin estabilizar), las cuales están en función del porcentaje de tiempo a lo largo de un año, en el cual la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación. [24]

Tabla 16: Valores m, para modificar los Coeficientes Estructurales o de Capa de Bases y Subbases sin tratamiento, en pavimentos flexibles.

Capacidad de Drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos del 1%	1 a 5 %	5 a 25 %	Mas del 25 %
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Malo	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 -0.40	0.40

Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93

Análisis de Correlaciones

Existe una correlación entre dos variables, cuando una de ellas está relacionada con la otra de alguna manera [28]. Existe una correlación perfecta si todos los valores de las variables satisfacen con exactitud una ecuación, si intervienen dos variables se habla de una correlación simple, y cuando intervienen más de dos variables se habla de una correlación múltiple. Así se conoce la intensidad de la relación entre dichas

variables y si, al aumentar el valor de una variable, aumenta o disminuye el valor de la otra variable. [29]

Correlación Lineal

Para X y Y dos variables en consideración, se utiliza un diagrama de dispersión para mostrar la localización de los puntos (X,Y), en el sistema de coordenadas rectangulares, en las cuales si todos los puntos parecen encontrarse cerca de una línea recta se le denomina correlación lineal. Si la variable Y tiende a aumentar a medida que X aumenta, se denomina una correlación positiva o directa, si Y tiende a disminuir a medida que X aumenta, se dice que es una correlación negativa. [28]

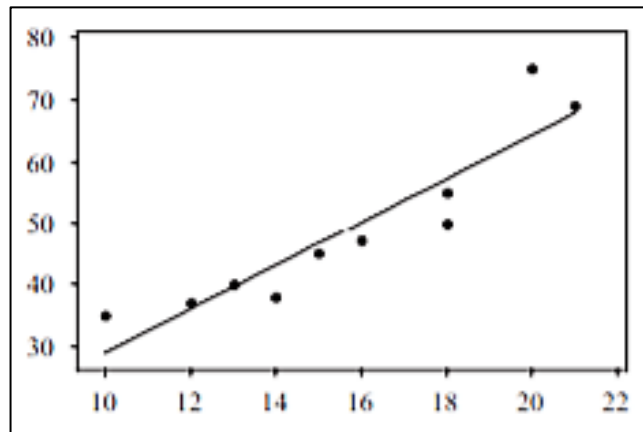


Figura 17: Correlación Lineal Positiva

Fuente: Estadística Schaum. Stephens, Larry; Spiegel, Murray

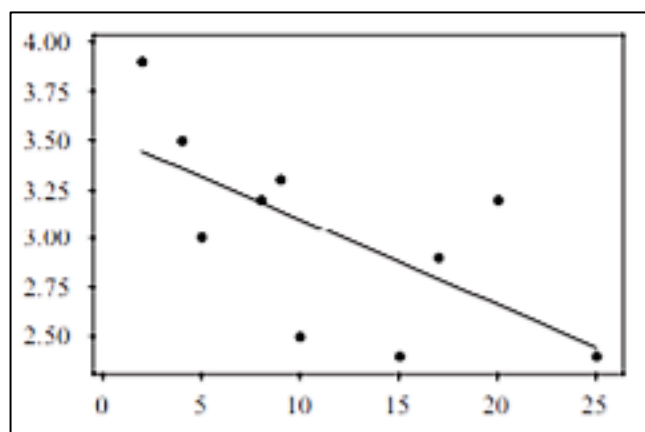


Figura 18: Correlación Lineal Negativa

Fuente: Estadística de Schaum. Stephens, Larry; Spiegel, Murray

Coefficiente de correlación lineal

El coeficiente de correlación lineal (r) mide la fuerza de la relación lineal entre los valores de las variables X y Y en una muestra, también se lo conoce como coeficiente de correlación producto momento de Pearson, en honor a K. Pearson (1857-1936). [28]

El valor del coeficiente de correlación lineal se calcula con la siguiente fórmula:

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

Donde:

- r = representa el coeficiente de correlación lineal de una muestra.
- n = Representa el número de pares de datos presentes.
- Σ = Indica la suma de los elementos indicados.
- Σx = Indica la suma de todos los valores de x .
- Σx^2 = Indica que cada valor de x debe elevarse al cuadrado y después deben sumarse esos cuadrados.
- $(\Sigma x)^2$ = Indica que los valores de x deben sumarse y el total elevarse al cuadrado.
- Σxy = Indica que cada valor de x debe multiplicarse primero por su valor y correspondiente. Después de obtener todos estos productos, se calcula su suma.
- ρ = la letra griega rho se usa para representar el coeficiente de correlación lineal de una población. [28]

Método de los Mínimos Cuadrados

El método de los mínimos cuadrados, consiste en buscar los valores de los parámetros X y Y de manera que la suma de los cuadrados de los residuos sea mínima. [29]

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

Donde:

- e = Error de la estimación que debe ser mínimo frente a otros modelos, con la finalidad de proporcionar una representación adecuada de los puntos por la línea de regresión establecida. [29]

La recta de mínimos cuadrados de Y sobre X es:

$$Y = a_0 + a_1X$$

Donde:

- a_0 y a_1 , se obtiene de las siguientes ecuaciones: [21]

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

Correlación Múltiple

Se define a la correlación múltiple como grado de relación que existe entre tres o más variables. Los principios fundamentales relacionados con los problemas de correlación múltiple son similares a los de los problemas de correlación simple. De igual forma que existen rectas de mínimos cuadrados en un diagrama de dispersión para un conjunto de puntos (X, Y), se emplean subíndices de las mismas variables para los mínimos cuadrados en un diagrama tridimensional para un conjunto de N puntos (X1, X2, X3). Las ecuaciones de mínimos cuadrados son: [22]

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

Tabla 17: Confiabilidad de la Correlación

Correlación	Positiva	Negativa
Perfecta	R=1	R = -1
Excelente	0.9 < R < 1	-1 < R < -0.9
Aceptable	0.8 < R < 0.9	-0.9 < R < -0.8
Regular	0.6 < R < 0.8	-0.8 < R < -0.6
Mínima	0.3 < R < 0.6	-0.6 < R < -0.3
No hay correlación	0 < R < 0.3	-0.3 < R < 0

Fuente: Estadística de Schaum. Stephens, Larry; Spiegel, Murray

1.1.4 Hipótesis

Existe correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en los suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Determinar la correlación entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.
- Obtener las correlaciones experimentales entre las propiedades índice y mecánicas y el CBR de laboratorio para los suelos estudiados.
- Aplicar los resultados obtenidos en la investigación para el diseño de pavimentos flexibles en la parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.
- Diversificar la base de datos existentes, referente a estudios de correlación entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas de suelos granulares en la provincia de Tungurahua

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 NIVELES DE TRABAJO EXPERIMENTAL

2.1.1 Trabajo Experimental Exploratorio

La investigación del presente proyecto es exploratoria, ya que se realiza un recorrido por la parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, para la ubicación de 12 puntos para la realización de las calicatas con la respectiva toma de muestras y realizar ensayos de campo y laboratorio

2.1.2 Trabajo Experimental de Laboratorio

La investigación se desarrolla mayoritariamente dentro de las instalaciones de los laboratorios de mecánica de suelos de la carrera de Ingeniería Civil, para la obtención de las propiedades y características de los suelos como: Contenido de Humedad, Granulometría, Gravedad Específica, límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR.

2.1.3 Trabajo Experimental Analítico

La investigación es analítica dado que analiza el grado de correlación entre el CBR y las diferentes variables de estudio, cuya finalidad es determinar cuáles son las propiedades índice y mecánicas del suelo que mayormente se correlacionan con el CBR.

2.1.4 Trabajo Experimental de Campo

Se realiza una investigación de campo mediante ensayos in situ como son: la determinación de la densidad de campo mediante el método del Cono y Arena de Ottawa y el ensayo DCP que permita encontrar el nivel de resistencia del suelo.

2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

2.2.1 Población

El área donde se realiza el presente proyecto está ubicada en la parroquia Huambaló, del Cantón Pelileo provincia de Tungurahua.

La Parroquia Rural Huambaló, se encuentra localizada a 7 Km de la ciudad de Pelileo, a los pies de las cordilleras de Mulmul, Quitasol, Tablón, Pusmasa y la Cruz de Cotaló, a una altitud que va desde 2220 msnm, en las estribaciones este de la parroquia; hasta 3890 msnm en la zona suroeste, contando con una extensión de 25,87 km², donde alberga una población estimada al 2020 de 10634 habitantes. [30]

El 72.51% de la Parroquia se localiza bajo el régimen climatológico denominado “Montano”; El 20.95% corresponde al régimen climatológico denominado “Montano Alto”, el 6.54 % restante se localiza bajo el régimen denominado “Montano Alto Superior”. [30]

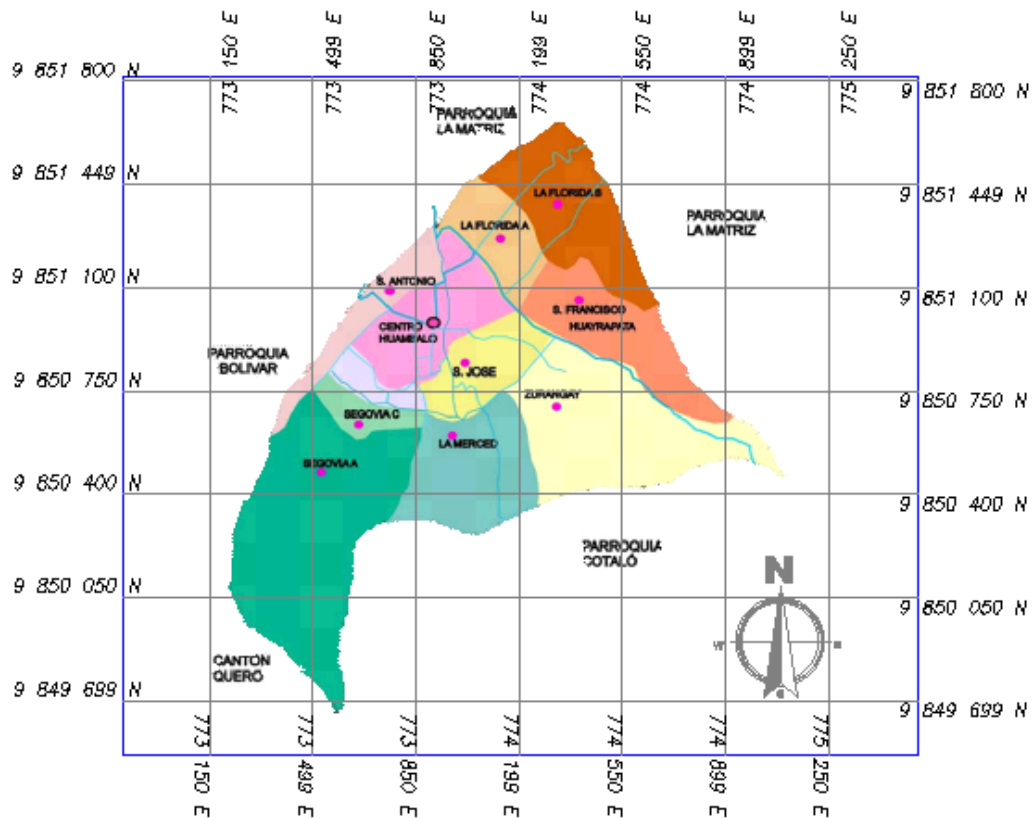


Figura 19: Mapa Político de Huambaló.

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde.

2.2.2 Muestra

Las muestras tomadas para el proyecto experimental, son suelos extraídos de las vías principales de conexión entre caseríos de la parroquia, procurando abarcar la mayor

parte del territorio de Huambaló, realizando un total de 12 calicatas cuadradas de 1.50 m x 1.50 m y 1.00 m de profundidad.

Tabla 18: Coordenadas de Ubicación de las Calicatas

POZO #	ESTE	NORTE	SECTOR
1	774850	9847770	Huambaló Centro
2	776217	9847541	La Florida Bajo
3	775407	9847629	La Florida Alto
4	776230	9846478	San Francisco
5	775176	9846288	Huambaló Centro
6	774216	9846590	Huambaló Centro
7	773590	9846207	San Antonio
8	774687	9845875	San José
9	775583	9845489	Surangay
10	774579	9845114	La Merced
11	773790	9845299	Segovia Centro
12	772761	9845277	Segovia Alto

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde.

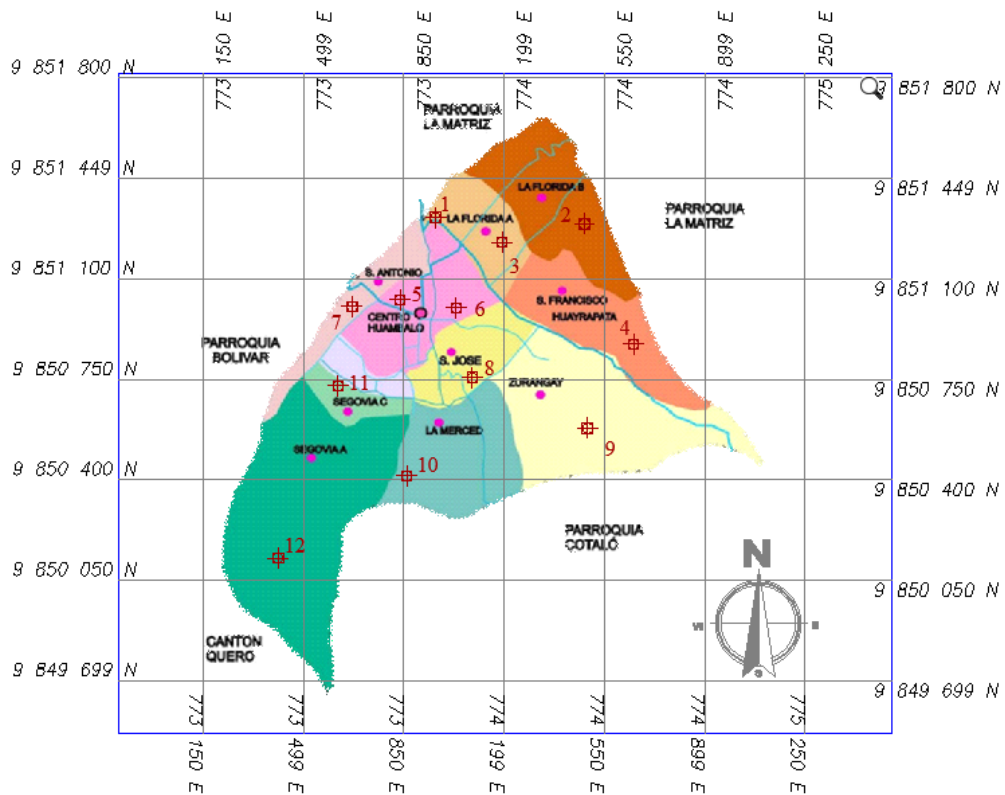


Figura 20: Mapa de ubicación de las calicatas

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde.

2.3 EQUIPOS Y MATERIALES

Tabla 19: Equipos y Materiales

ENSAYOS	MATERIALES	EQUIPOS	NORMA
Pozo a Cielo Abierto	Muestras in Situ	Pala Pico Barra Flexómetro	AASHTO T 87-70
Densidad de Campo (Método del Cono y Arena de Ottawa)	Muestras in Situ	Cono Cinzel Cuchareta Placa Metálica Balanza Clavos Martillo	AASHTO T 191 2014
Dinamic Cone Penetrometer (DCP)	Muestras in Situ	Equipo DCP Libreta de Anotación	ASTMD 6951-03
Gravedad Específica de sólidos	50 gr de suelo que pasa tamiz #4	Tamiz #4 Picnómetro Embudo Termómetro Recipiente Metálico Pipeta Baño María	AASHTO T 100 2015
Granulometría	Muestra cuarteada	Tamizadora Juego de Tamices Brocha Recipiente	AASHTO T 88 2013
Límite líquido (Copa Casagrande)	150 gr de suelo que pasa tamiz #40	Mortero de Porcelana Pistillo de caucho Copa Casagrande Espátula Acanalador Recipientes de aluminio	AASHTO T 89 2013
Límite Plástico	15 gr de suelo que pasa tamiz #40	Mortero de Porcelana Pistillo de caucho Placa de vidrio	AASHTO T 90 2016
Proctor Modificado TIPO B	24 kg de suelo que pasa tamiz #4	Bandeja Metálica Cuadrada Martillo de Compactación Molde ϕ 6" con extensión y base Probeta graduada Palustre Regleta Metálica	AASHTO T 180 2018
California Bearing Ratio (CBR)	18 kg que pasa el tamiz #4	MULTISPEED34-V1172	AASHTO T 193 2013

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

2.4 MÉTODOS

2.4.1 Plan de Recolección de Datos

Tabla 20: Plan de Recolección de Datos.

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Para qué?	Correlacionar las propiedades índice y mecánicas de los diferentes suelos con su respectivo valor de CBR obtenido en laboratorio.
¿A quién?	A las muestras de suelo tomadas en la parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo.
¿Sobre qué Aspectos?	Las propiedades de los suelos obtenidas mediante los ensayos de Campo y Laboratorio, el valor de CBR obtenido del ensayo de Soporte de California.
¿Quién?	Investigador Joyce Rosangela Guato Recalde
¿Cuándo?	Ensayos de Laboratorio: 17/02/2022 al 10/03/2022 Ensayos de Campo: 26-27 de feb y 06-07 de mar Procesamiento de datos y resultados: desde marzo hasta junio
¿Dónde?	Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, para tomar las muestras de suelo y realizar ensayos de campo. Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato, para realizar ensayos de laboratorio
¿Técnicas de Recolección?	El ensayo DCP bajo la norma (ASTMD 6951-03) y el ensayo de Densidad de Campo bajo la norma (AASHTO T 191), son ensayos in Situ, para los cuales se debe retirar la capa vegetal, para proceder a realizarlos. Se toma una muestra de 35 Kg, de cada pozo para realizar los ensayos de laboratorio, dicha muestra debe pasar el tamiz #4 y posteriormente ser secada. Para el ensayo de granulometría, se toma una muestra de 1000 g de suelo seco, y se la coloca sobre la tamizadora con el juego de tamices de manera descendente como establece la norma (AASHTO T 88 2013). Los límites de Atterberg bajo la norma (AASHTO T 89 2013 Y AASHTO T 91 2016) requieren una muestra de suelo que pasa el tamiz #40. El ensayo de Gravedad Específica bajo la norma (AASHTO T 100 2015) requiere una muestra de suelo seca que pase el tamiz #4. La determinación de la Humedad óptima es utilizada para realizar el ensayo de Soporte California CBR, como establece la norma (AASHTO T 193 2013)./

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

2.4.2 Ensayos de Campo y Laboratorio.

- **Pozo a Cielo Abierto:** se inicia retirando la capa vegetal, del área en donde se realizará el ensayo, con la ayuda de un pico y una pala se procede a la excavación con dimensiones y procesos establecidos en la Norma AASHTO T 87-70.



Figura 21: Pozo a cielo abierto

- **Densidad de Campo:** sobre la calicata excavada, se realiza una pequeña excavación de 6 a 8 cm en donde se introducirá la boquilla del cono, permitiendo que la arena llene éste, posteriormente se debe seguir cada proceso que muestra la guía de la Norma AASHTO - T – 191 -2014.



Figura 22: Densidad de campo

- **Cono Dinámico de Penetración (DCP):** con el equipo establecido para dicho ensayo, se realizará en tres distintos puntos de la calicata excavada, una determinación de la resistencia que presenta el suelo, siguiendo la guía que presenta la Norma (ASTMD 6951-03)



Figura 23: Ensayo DCP

- **Gravedad Específica de los Sólidos:** Se introduce en el picnómetro agua hasta la marca de aforo, posteriormente se agrega 50 gr de muestra de suelo seco que pasa el tamiz # 4, eliminando todas las partículas de aire se procede a sacar el material según como se dispone en la guía de la Norma AASHTO T 100-2015.



Figura 24: Gravedad específica

- **Granulometría:** por medio de los tamices #4 al #200, se realiza el tamizado de 1000 gr de muestra de suelo seco, siguiendo la guía de la Norma (AASHTO T 88).



Figura 25: Granulometría

- **Límite Líquido (Copa Casagrande);** siguiendo la guía que presenta la Norma AASHTO T 89, se determina mediante el equipo de Copa de Casagrande, el límite líquido de la muestra en estudio.



Figura 26: Límite Líquido

- **Límite Plástico:** con el uso del dedo índice sobre la placa de vidrio se realiza pequeñas tiras de suelo con el fin de determinar el límite plástico siguiendo el proceso de la guía de la Norma AASHTO T – 90.



Figura 27: Límite plástico

- **Proctor Modificado Tipo B:** usando 24 kg de suelo que pasa el tamiz # 4 y equipos establecidos en la Norma AASHTO T – 180, se realiza el ensayo de Proctor para la determinación del contenido de Humedad óptimo y Densidad Seca Máxima.



Figura 28: Ensayo Proctor modificado

- **Ensayo CBR:** con el uso del MULTISPEED34-V1172, se ensaya cada cilindro establecido en golpes de 11, 27 y 56, como dispone la guía de la Norma AASHTO T – 193, con el fin de determinar el CBR% de laboratorio más adecuado para la ejecución de dicho trabajo.



Figura 29: Ensayo CBR

2.4.3 Plan de Procesamiento y Análisis de Información

Plan de Procesamiento

- Obtención de 12 Muestras de suelo de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, para ser analizadas en el laboratorio.
- Realización de ensayos de campo y laboratorio con las muestras de suelo tomadas de las parroquias en estudio.
- Tabulación de datos obtenidos de los diferentes ensayos realizados en campo y laboratorio, mediante el software de Excel.
- Elaboración de tablas y diagramas que representen las correlaciones de las propiedades de los suelos con el CBR de laboratorio, para la presentación de resultados.

Plan de Análisis de Información.

- Realizar las correlaciones entre las propiedades índice y mecánicas de los suelos para analizar la influencia de cada parámetro en la obtención de coeficientes de determinación.
- Analizar el coeficiente de determinación R^2 , el mismo que identificará el grado de ajuste que se deberá conseguir en los diferentes modelos de ecuaciones obtenidos.
- Evaluar la diferencia entre los resultados de Relación de Soporte de California (CBR) de laboratorio respecto al obtenido mediante las correlaciones, para posteriormente realizar el diseño correcto de pavimento flexible.
- Determinar las conclusiones y recomendaciones basándose en los resultados obtenidos de las correlaciones entre las propiedades índice y mecánicas de los suelos en estudio.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de las Propiedades Índice y Mecánicas, que se obtuvieron de las 12 muestras de suelo de la Parroquia Huambaló del cantón Pelileo

3.1.1 Propiedades Índice

3.1.1.1 Contenido de Humedad

Esta propiedad se obtiene al momento de realizar las calicatas y llevar las muestras del suelo al laboratorio para poder realizar el proceso establecido y así determinar la humedad natural del suelo.

Tabla 21: Resultados del Ensayo de Contenido de Humedad

N.º	SECTOR	W nat (%)
1	Huambaló Centro	9.23
2	La Florida B	8.47
3	La Florida A	11.26
4	San Francisco	23.28
5	Huambaló Centro	15.04
6	Huambaló Centro	20.42
7	San Antonio	15.08
8	San José	19.22
9	Surangay	17.05
10	La Merced	20.83
11	Segovia Centro	15.08
12	Segovia Alto	10.08

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

3.1.1.2 Densidad de Campo

Para obtener la densidad in-situ se realizó mediante el ensayo de cono de arena de Ottawa, mismo que proporciona los datos que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 22: Resultados del Ensayo de Densidad de Campo

N.º	SECTOR	Densidad de Campo					
		Densidad húmeda (γ_m)	Densidad Seca (γ_d)	Relación de Vacíos (e)	Porosidad (n%)	Gw (%)	Ga (%)
1	Huambaló Centro	1.516	1.360	0.95	31.94	31.91	68.09
2	La Florida B	1.659	1.489	0.78	43.80	31.94	68.06
3	La Florida A	1.968	1.595	0.69	39.59	38.85	61.15
4	San Francisco	1.710	1.299	0.97	47.10	87.80	12.20
5	Huambaló Centro	2.093	1.450	0.74	48.22	77.34	22.66
6	Huambaló Centro	1.627	1.347	0.76	39.26	65.22	34.78
7	San Antonio	1.656	1.450	0.82	43.18	62.97	37.03
8	San José	1.878	1.601	0.65	45.07	60.59	39.41
9	Surangay	1.935	1.580	0.78	47.33	70.05	29.95
10	La Merced	1.977	1.720	0.48	38.49	66.55	33.45
11	Segovia Centro	1.605	1.330	0.89	42.85	62.97	37.03
12	Segovia Alto	1.831	1.561	0.87	78.81	33.92	66.08

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

3.1.1.3 Gravedad Específica

Los datos obtenidos tras los ensayos de gravedad específica oscilan entre 2.47 y 2.75, de los cuales un 83% son valores menores a 2.65 mismo que demuestra que los suelos pertenecen a arenas gruesas y medias.

Tabla 23: Resultados del Ensayo de Gravedad Específica

N.º	SECTOR	Gravedad Específica (Gs)
1	Huambaló Centro	2.52
2	La Florida B	2.47
3	La Florida A	2.53
4	San Francisco	2.57
5	Huambaló Centro	2.64
6	Huambaló Centro	2.71
7	San Antonio	2.65
8	San José	2.62
9	Surangay	2.63
10	La Merced	2.65
11	Segovia Centro	2.66
12	Segovia Alto	2.75

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

3.1.1.4 Granulometría

Los datos indican que los suelos tienen un porcentaje de grava entre el 3.32% al 26.45%, el material arenoso es el porcentaje que más predomina en las muestras analizadas ya que presenta un porcentaje que oscila entre el 71.92% al 90.37% y por último se tiene un porcentaje de material fino de entre el 0.51% al 18.33%.

Tabla 24: Resultados del Ensayo de Granulometría

N°	SECTOR	GRANULOMETRÍA							
		D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)	G (%)	S (%)	F (%)	Cc	Cu
1	Huambaló Centro	0.06	0.11	0.24	3.80	77.87	18.33	0.84	4.00
2	La Florida Bajo	0.17	0.34	0.58	9.91	88.87	1.22	1.17	3.41
3	La Florida Alto	0.18	0.28	0.84	22.59	76.90	0.51	0.52	4.67
4	San Francisco	0.20	0.45	0.92	25.30	74.15	0.53	1.10	4.60
5	Huambaló Centro	0.06	0.14	0.30	3.94	79.86	16.20	1.09	5.00
6	Huambaló Centro	0.065	0.16	0.29	6.56	79.52	13.92	1.42	4.68
7	San Antonio	0.10	0.24	0.52	7.73	84.07	8.21	1.11	5.20
8	San José	0.13	0.26	0.50	8.18	90.37	1.45	1.04	3.85
9	Surangay	0.16	0.24	0.56	12.30	84.05	3.65	0.64	3.50
10	La Merced	0.19	0.29	0.84	26.45	71.92	1.63	0.53	4.42
11	Segovia Centro	0.075	0.23	0.50	11.37	78.14	10.49	1.41	6.67
12	Segovia Alto	0.08	0.16	0.30	3.32	89.85	6.83	1.07	3.75

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

3.1.1.5 Límites de Atterberg

Los valores obtenidos de límite líquido en los ensayos realizados varían entre 18.56% y 26.85%, mientras que en el límite plástico se tiene valores que fluctúan entre 17.23% y 25.55%, por consiguiente, se obtuvo valores de índice de plasticidad de 0.61 hasta 1.96 que por consiguiente indica que se tratan de suelos no plásticos y de baja plasticidad.

Tabla 25: Resultados del Límites de Atterberg

N.º	SECTOR	LÍMITE LIQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)
1	Huambaló Centro	25.01	24.03	0.98
2	La Florida Bajo	23.75	22.64	1.11
3	La Florida Alto	24.69	24.08	0.61
4	San Francisco	20.70	19.58	1.12

5	Huambaló Centro	23.94	21.98	1.96
6	Huambaló Centro	22.52	20.83	1.69
7	San Antonio	26.85	25.55	1.30
8	San José	24.90	23.46	1.44
9	Surangay	18.56	17.23	1.33
10	La Merced	21.10	19.33	1.77
11	Segovia Centro	20.62	19.01	1.61
12	Segovia Alto	23.25	21.43	1.82

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

3.1.1.6 Clasificación de los Suelos

La clasificación de los suelos de acuerdo a la AASHTO Y SUCS se basó principalmente en datos de la granulometría y los límites de Atterberg, teniendo los siguientes antecedentes:

Tabla 26: Clasificación de los suelos

N.º	SECTOR	CLASIFICACIÓN	
		SUCS	AASHTO
1	Huambaló Centro	SC	A-2-4
2	La Florida Bajo	SP	A-1-b
3	La Florida Alto	SC	A-2-4
4	San Francisco	SP	A-1-b
5	Huambaló Centro	SP	A-1-b
6	Huambaló Centro	SP	A-1-b
7	San Antonio	SP	A-1-b
8	San José	SP	A-1-b
9	Surangay	SP	A-1-b
10	La Merced	SP	A-1-b
11	Segovia Centro	SP	A-1-b
12	Segovia Alto	SP	A-1-b

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

A continuación, se muestra la ubicación de las muestras analizadas dentro de las cartas de plasticidad AASHTO y SUCS respectivamente:

3.1.2 Propiedades Mecánicas

3.1.2.1 Proctor

El ensayo Proctor modificado tipo B permite conocer datos de densidad máxima y su respectivo valor de contenido de humedad óptimo.

Tabla 27: Resultados del Proctor

N.º	SECTOR	γ_d máx. (g/cm ³)	W ópt. (%)	Gc (%)
1	Huambaló Centro	1.489	15.75	91.34
2	La Florida Bajo	1.687	15.40	88.26
3	La Florida Alto	1.651	15.50	96.61
4	San Francisco	1.559	11.90	83.32
5	Huambaló Centro	1.698	14.75	85.39
6	Huambaló Centro	1.581	12.10	85.20
7	San Antonio	1.564	14.25	92.71
8	San José	1.682	17.50	95.18
9	Surangay	1.860	11.35	84.95
10	La Merced	1.693	14.00	101.59
11	Segovia Centro	1.746	11.20	76.17
12	Segovia Alto	1.619	15.20	96.42

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Los datos de densidad máxima tienen valores de 1.489 g/cm³ hasta 1.86 g/cm³, mientras que los valores de humedad óptima van desde 11.20% y 17.50%.

3.1.2.2 CBR

Los valores conseguidos en los ensayos CBR de laboratorio oscilan entre 14.80% hasta 30.45%, en donde la mayoría de datos son mayores a 20% indicando que se tratan de suelos buenos para ser utilizados en la estructura del pavimento.

Tabla 28: Resultados de CBR

N.º	SECTOR	CBR		
		95% γ_d máx		
		0.1" (%)	0.2" (%)	Mayor (%)
1	Huambaló Centro	18.00%	23.50%	23.50%
2	La Florida Bajo	15.00%	17.80%	17.80%
3	La Florida Alto	21.00%	25.85%	25.85%

4	San Francisco	16.28%	18.96%	18.96%
5	Huambaló Centro	27.42 %	29.45%	29.45%
6	Huambaló Centro	28.42 %	30.45%	30.45%
7	San Antonio	12.50%	14.80%	14.80%
8	San José	20.41 %	22.67%	22.67%
9	Surangay	17.50%	20.36%	20.36%
10	La Merced	26.75 %	30.15%	30.15%
11	Segovia Centro	22.00%	25.60%	25.60%
12	Segovia Alto	24.95%	27.62%	27.62%

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

3.1.2.3 DCP

Los resultados arrojados por el ensayo DCP son valores que van desde 18.03 mm/golpe hasta 49.86 mm/golpe, indicando que se tiene un rango amplio de la resistencia del suelo.

Tabla 29: Resultados de DCP

N.º	SECTOR	DN (mm/golpe)
1	Huambaló Centro	23.39
2	La Florida Bajo	18.03
3	La Florida Alto	49.86
4	San Francisco	32.14
5	Huambaló Centro	25.68
6	Huambaló Centro	33.25
7	San Antonio	30.60
8	San José	29.87
9	Surangay	35.98
10	La Merced	34.04
11	Segovia Centro	29.63
12	Segovia Alto	25.65

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

3.1.3 Tabla resumen de los ensayos de campo y laboratorio

Tabla 30: Tabla Resumen de las Propiedades del Suelo

N.º	SECTOR	Densidad de Campo							Granulometría							
		W nat (%)	Densidad húmeda (γ_m)	Densidad Seca (γ_d)	Relación de Vacíos (e)	n (%)	Gw (%)	Ga (%)	D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)	G (%)	S (%)	F (%)	Cc	Cu
1	Huambaló Centro	9.230	1.516	1.360	0.95	31.94	31.91	68.09	0.06	0.11	0.24	3.80	77.87	18.33	0.84	4.00
2	La Florida Bajo	8.470	1.659	1.489	0.78	43.80	31.94	68.06	0.17	0.34	0.58	9.91	88.87	1.22	1.17	3.41
3	La Florida Alto	11.260	1.968	1.595	0.69	39.59	38.85	61.15	0.18	0.28	0.84	22.59	76.90	0.51	0.52	4.67
4	San Francisco	23.280	1.710	1.299	0.97	47.10	87.80	12.20	0.20	0.45	0.92	25.30	74.15	0.53	1.10	4.60
5	Huambaló Centro	15.040	2.093	1.450	0.74	48.22	77.34	22.66	0.06	0.14	0.30	3.94	79.86	16.20	1.09	5.00
6	Huambaló Centro	20.420	1.627	1.347	0.76	39.26	65.22	34.78	0.065	0.16	0.29	6.56	79.52	13.92	1.42	4.68
7	San Antonio	15.080	1.656	1.450	0.82	43.18	62.97	37.03	0.10	0.24	0.52	7.73	84.07	8.21	1.11	5.20
8	San José	19.220	1.878	1.601	0.65	45.07	60.59	39.41	0.13	0.26	0.50	8.18	90.37	1.45	1.04	3.85
9	Surangay	17.050	1.935	1.580	0.78	47.33	70.05	29.95	0.16	0.24	0.56	12.30	84.05	3.65	0.64	3.50
10	La Merced	20.830	1.977	1.720	0.48	38.49	66.55	33.45	0.19	0.29	0.84	26.45	71.92	1.63	0.53	4.42
11	Segovia Centro	15.080	1.605	1.330	0.89	42.85	62.97	37.03	0.075	0.23	0.50	11.37	78.14	10.49	1.41	6.67
12	Segovia Alto	10.080	1.831	1.561	0.87	78.81	33.92	66.08	0.08	0.16	0.30	3.32	89.85	6.83	1.07	3.75

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 31: Tabla Resumen de las Propiedades del Suelo

N.º	SECTOR	Límites de Atterberg			Gs	Clasificación		Compactación			CBR%			DCP
		LL (%)	LP (%)	IP (%)		SUCS	AASHTO	γ_d máx. (gr/cm ³)	W ópt. (%)	Gc (%)	0.1" (%)	0.2" (%)	Mayor (%)	DN
1	Huambaló Centro	25.01	24.03	0.98	2.52	SC	A-2-4	1.489	15.75	91.34	18.00%	23.50%	23.50%	23.39
2	La Florida Bajo	23.75	22.64	1.11	2.47	SP	A-1-b	1.687	15.40	88.26	15.00%	17.80%	17.80%	18.03
3	La Florida Alto	24.69	24.08	0.61	2.53	SC	A-2-4	1.651	15.50	96.61	21.00%	25.85%	25.85%	49.86
4	San Francisco	20.7	19.58	1.12	2.57	SP	A-1-b	1.559	11.90	83.32	16.28%	18.96%	18.96%	32.14
5	Huambaló Centro	23.94	21.98	1.96	2.64	SP	A-1-b	1.698	14.75	85.39	27.42 %	29.45%	29.45%	25.68
6	Huambaló Centro	22.52	20.83	1.69	2.71	SP	A-1-b	1.581	12.10	85.20	28.42 %	30.45%	30.45%	33.25
7	San Antonio	26.85	25.55	1.3	2.65	SP	A-1-b	1.564	14.25	92.71	12.50%	14.80%	14.80%	30.6
8	San José	24.9	23.46	1.44	2.62	SP	A-1-b	1.682	17.50	95.18	20.41 %	22.67%	22.67%	29.87
9	Surangay	18.56	17.23	1.33	2.63	SP	A-1-b	1.860	11.35	84.95	17.50%	20.36%	20.36%	35.98
10	La Merced	21.1	19.33	1.77	2.653	SP	A-1-b	1.693	14.00	101.59	26.75 %	30.15%	30.15%	34.04
11	Segovia Centro	20.62	19.01	1.61	2.66	SP	A-1-b	1.746	11.20	76.17	22.00%	25.60%	25.60%	29.63
12	Segovia Alto	23.25	21.43	1.82	2.75	SP	A-1-b	1.619	15.20	96.42	24.95%	27.62%	27.62%	25.65

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

3.1.4 Nomenclatura

Tabla 32: Nomenclatura y sus unidades

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
LL	Límite Líquido	%
IP	Índice Plástico	%
LP	Límite Plástico	%
Wnat	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	%
Gs	Gravedad Específica de Sólidos	Adimensional
e	Relación de vacíos	Adimensional
n	Porosidad	%
Gw	Grado de saturación del Agua	%
Ga	Grado de Saturación del Aire	%
γ_d in - situ	Densidad seca in – situ	gr/cm ³
γ_d máx	Densidad seca máxima	gr/cm ³
W opt	Contenido de Humedad Óptima	%
Gc	Grado de Compactación	%
CBR 0.1”	CBR para 0.1 pulg. de penetración	%
CBR 0.2”	CBR para 0.2 pulg. de penetración	%
CBR Mayor	CBR mayor entre 0.1” y 0.2”	%
DN	Índice de Penetración	mm/golpe

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

3.1.5 Correlaciones

Tabla 33: Correlaciones entre las propiedades del suelo

No	Ecuación	R ² (%)	No. de Muestras
1	$LP = 0.0179 LL^2 + 0.2547 LL + 6.4914$	97.76	12
2	$Gw = 61.141 \ln(W nat) - 109.32$	73.63	11
3	$Ga = 0.1995 Wnat^2 - 9.5075 W nat + 137.24$	80.50	12
4	$Wnat = 0.9868 Gs + 9.05$	58.75	10
5	$W opt = -45.70 + 47.16 \log(LL) - 0.20 LP$	64.70	12
6	$Wopt = 0.2755 * LL^{1.1712} * \gamma d in situ^{0.6804}$	77.80	12
7	$W opt = -0.0714 (LL)^2 + 3.936 (LL) - 38.238$	67.34	12
8	$\gamma d máx = 2.9282 - 1.3005 \log(LL)$ $+ 0.3331 \gamma d in situ$	56.60	12
9	$\gamma d máx = 2.6948 - 0.04 (LL) - 0.01 (W nat)$	55.40	12
10	$\gamma d máx = 4.647 - 1.8330 \log(LL) - 0.021(LP)$	62.40	12
11	$\gamma d in situ = 0.0977 e^2 - 0.9104 e + 2.129$	65.41	12
12	$\gamma d máx = 2.9553 - 0.053(LL) - 0.0037(N.º200)$	61.00	12
Correlaciones DN Vs Propiedades Índice			
13	$DN = 14.64 (IP)^2 - 36.62(IP) + 44.43$	72.22	12
14	$DN = 7.2934 (W nat)^{0.5023}$	71.81	11
15	$DN = -0.0063 Gw^2 + 0.901 Gw - 0.4107$	66.10	11
16	$DN = 14.64 + 3.236(IP) + 0.315 Ga$	53.80	12
17	$\gamma d in situ = -0.1380 + 0.0142(DN) + 0.7276 \gamma d máx$	58.30	12
18	$\gamma d máx = 42.3313 (LL)^{-0.925} (DN)^{-0.856}$	57.80	10
Correlaciones CBR vs PROPIEDADES ÍNDICE			
19	$CBR\% = 135.35 - 78.24 \log(LL) - 0.2523(LP)$	74.60	12
20	$CBR\% = -0.67 (LP)^2 + 27.771 (LP) - 252.23$	81.73	12
21	$CBR \% = -0.0163 (W nat)^2 + 1.3497 (Wnat) + 6.3409$	54.89	10
22	$CBR\% = 0.01086 (DN)^2 - 3.0150 (DN) + 150.97$	64.10	10

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

CORRELACIÓN N. °1

Límite Plástico vs Límite Líquido

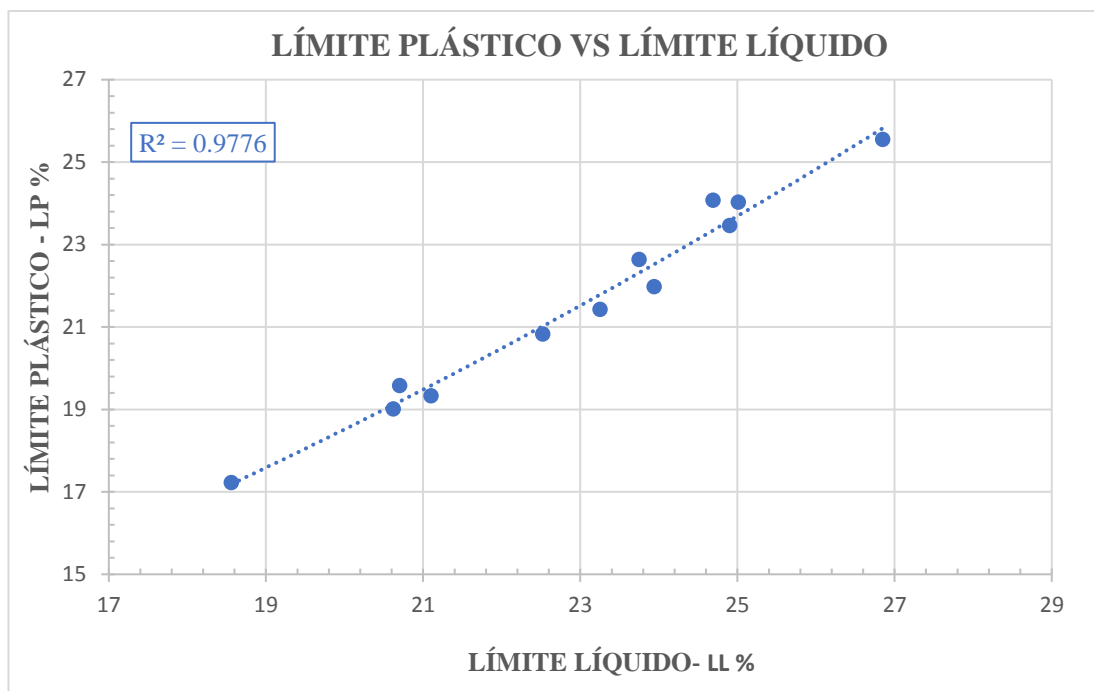


Figura 30: Límite Plástico vs Límite Líquido

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $LP = 0.0179 LL^2 + 0.2547 LL + 6.4914$

Coefficiente R^2 : 0.9776

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

La gráfica realizada entre el Límite Líquido (LL%) y el Límite Plástico (LP%), se ajusta a una correlación polinómica de grado 2, utilizando los datos de 12 muestras, obteniendo un coeficiente $R^2 = 97.76\%$ siendo un coeficiente excelente.

Dichos límites dependen del contenido de humedad que tiene el suelo, requiriendo mayor cantidad de agua para poder cambiar del estado sólido a líquido y de sólido a plástico, por lo que se define como una relación directamente proporcional.

CORRELACIÓN N. ° 2

Grado de Saturación del Agua vs Humedad Natural

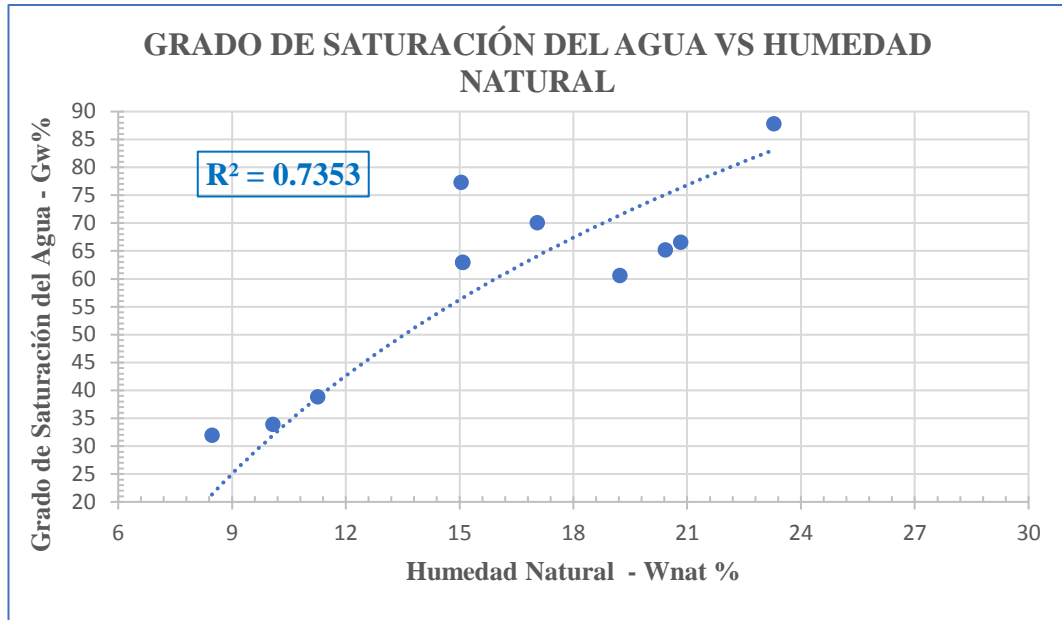


Figura 31: Gw% vs Wnat%

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $Gw = 61.141 \ln(W nat) - 109.32$

Coefficiente R²: 0.7363

Muestras utilizadas: 11

Interpretación:

La gráfica entre el Grado de Saturación del Agua vs la Humedad natural se realizó con 11 datos de las muestras de suelo, mismo que se ajusta a una correlación logarítmica simple alcanzando un coeficiente R² de 73.63%, considerándose una correlación muy buena.

Analizada la gráfica se determina que es una relación directamente proporcional, mientras mayor sea el contenido de humedad, más saturada estará la muestra de suelo, los espacios entre las partículas acumulan grandes cantidades de agua.

CORRELACIÓN N. ° 3

Grado de Saturación del Aire vs Humedad Natural

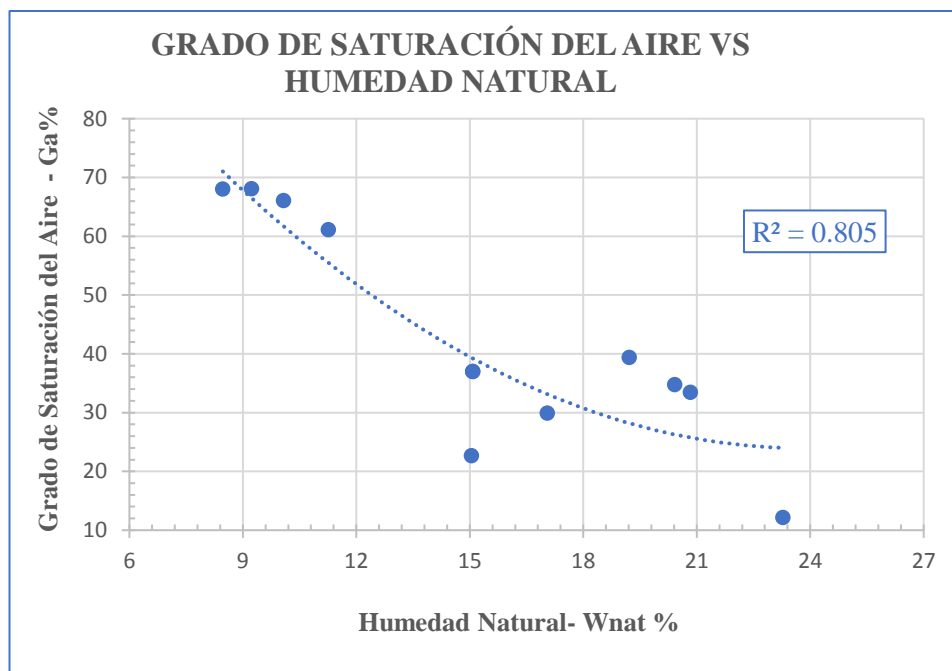


Figura 32: Ga% vs W nat%

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $Ga\% = 0.1995 Wnat^2 - 9.5075 W nat + 137.24$

Coefficiente R²: 0.805

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

Se utilizaron 12 datos de las muestras para realizar la gráfica entre el grado de saturación del aire Ga/% y la humedad natural (W nat%), que se ajusta a una correlación polinómica de grado 2, obteniendo un coeficiente R² de 80.50% considerado como muy bueno.

La correlación obtenida se define como inversamente proporcional, es decir que si el contenido de humedad incrementa los espacios de aire serán ocupados por moléculas de agua, haciendo que el grado de saturación de aire disminuya.

CORRELACIÓN N.º 4

Humedad Natural vs Gravedad Específica

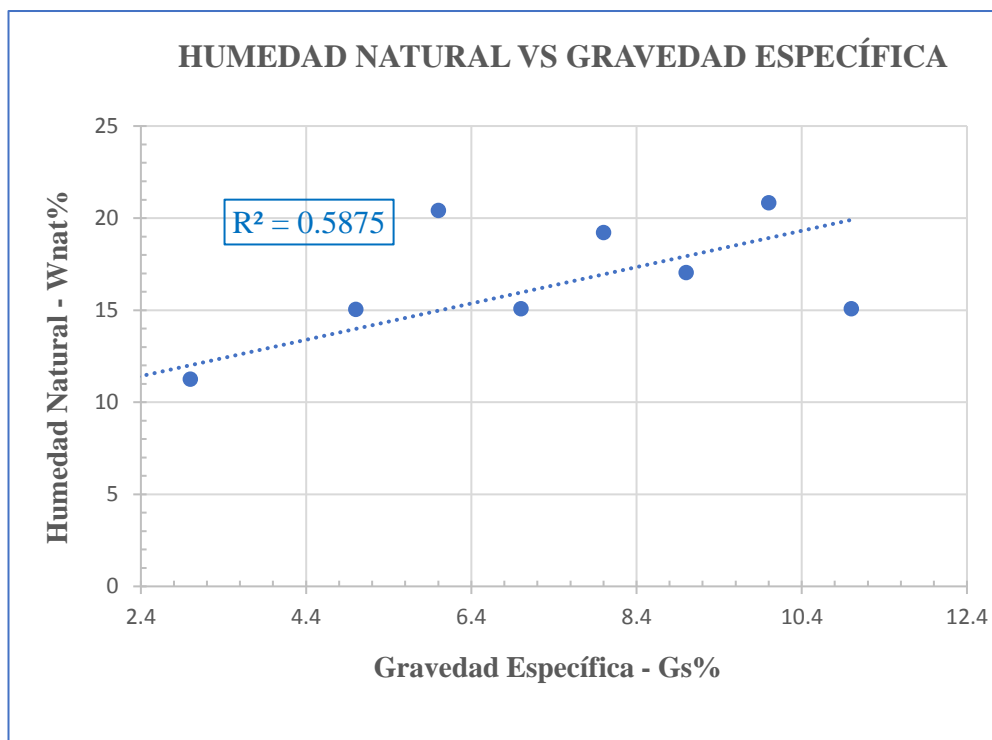


Figura 33: W nat % vs Gs %

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $Wnat = 0.9868 Gs + 9.05$

Coefficiente R^2 : 0.5875

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica de la humedad natural vs Gravedad específica se la realizó con 10 datos, ajustándose una correlación lineal la cual obtuvo un coeficiente R^2 de 58.75% considerándose como regular.

Para las muestras analizadas se define que la correlación entre la humedad natural y la gravedad específica es directamente proporcional, debido a que, si la humedad del suelo es mayor, la gravedad específica también tiene un incremento.

CORRELACIÓN N. ° 5

Humedad Óptima vs Límite Líquido – Límite Plástico

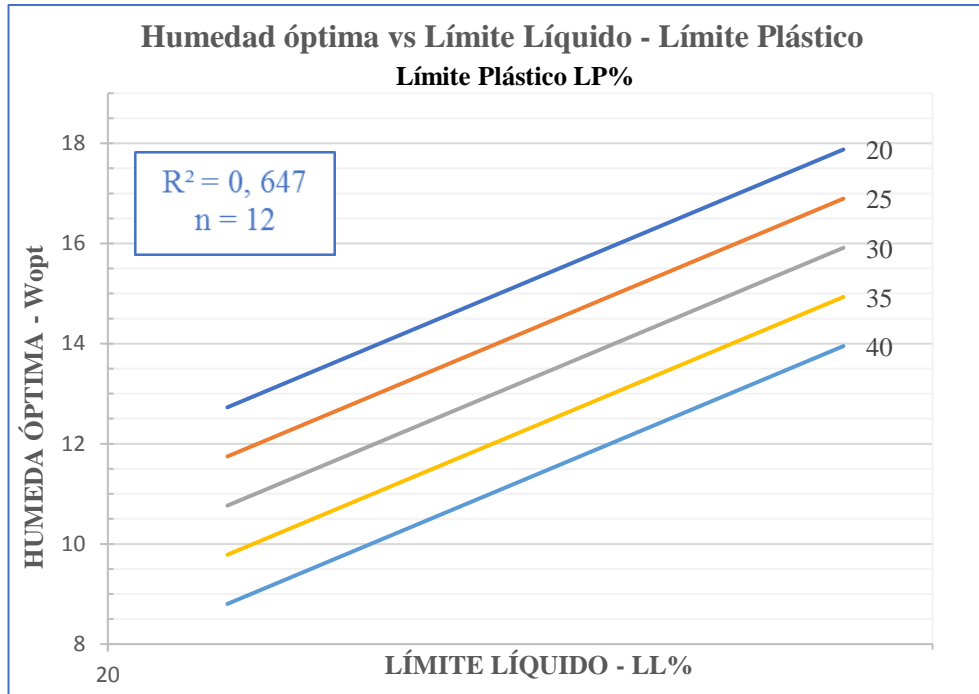


Figura 34: W opt (%) vs LL-LP (%)

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $W_{opt} = -45.70 + 47.16 \log(LL) - 0.20 LP$

Coefficiente R^2 : 0.647

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

La gráfica que representa la relación entre la Humedad Óptima (W_{opt}) vs Límite Líquido (LL%) y Límite Plástico (LP%), se ajusta a una tendencia logarítmica múltiple con 3 variables, utilizando 12 datos de las muestras se obtuvo un coeficiente R^2 de 64.710%, valor que indica que es una correlación buena.

Las muestras analizadas indican que mientras mayor sea el contenido de humedad óptimo el límite plástico asciende, y por consiguiente el límite líquido incrementa manteniendo esta relación, es decir, a mayor contenido de agua, el suelo se acerca más a sus límites líquidos y plásticos.

CORRELACIÓN N. ° 6

Humedad Óptima vs Límite Líquido – Densidad in Situ

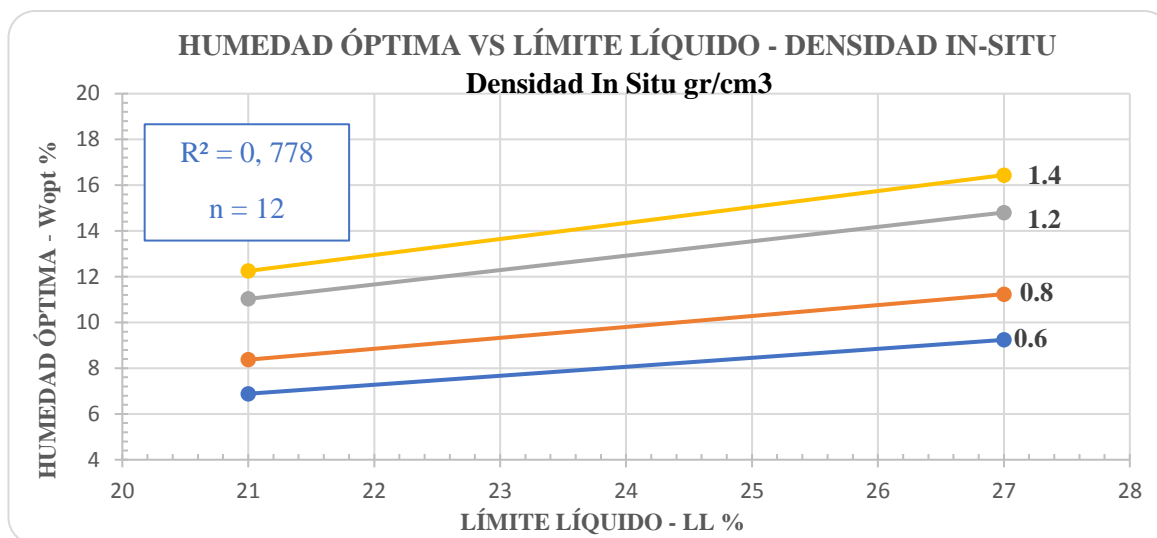


Figura 35: W ópt (%) vs LL (%) - γ_{d in situ}

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $W_{opt} = 0.2755 * LL^{1.1712} * \gamma_{d in situ}^{0.6804}$

Coefficiente R²: 0.778

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

La gráfica realizada entre la Humedad óptima W ópt (%) vs. Límite Líquido LL (%) y la densidad seca in situ (γ_{d in situ}), utilizando 12 datos, se ajusta a una correlación potencial múltiple, con un coeficiente R² igual a 77.80% considerado como bueno.

La densidad seca in situ tiene una relación directamente proporcional con la humedad óptima, no obstante, con el ajuste potencial, esta relación tiende a invertir esta proporcionalidad para densidades menores, es decir que se obtiene la densidad máxima en el punto más crítico de la humedad y luego estos valores empiezan a descender. Mientras tanto la densidad y el límite líquido son inversamente proporcionales, a mayor límite líquido, mayor cantidad de agua y menor es la densidad in situ.

CORRELACIÓN N. ° 7

Humedad Óptima vs Límite Líquido

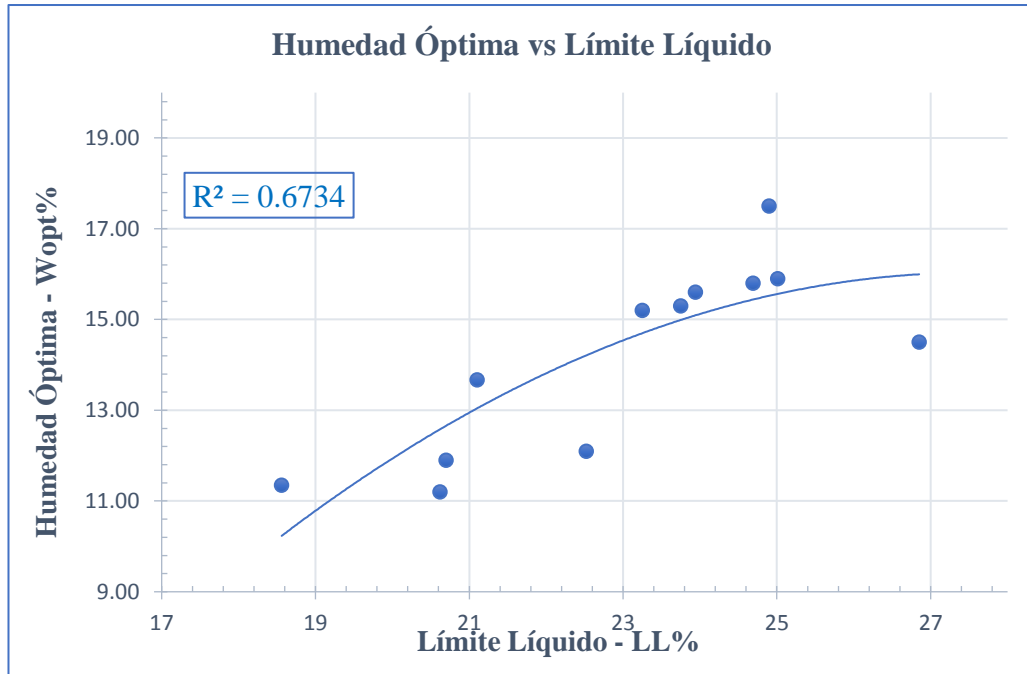


Figura 36: W pt (%) vs LL (%)

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $W_{pt} = -0.0714 (LL)^2 + 3.936 (LL) - 38.238$

Coefficiente R²: 0.6734

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

Los datos de las 12 muestras que se graficaron entre la Humedad Óptima (W_{opt} %) y Límite Líquido (LL %), se ajustan a una correlación polinómica de grado 2 con un coeficiente R^2 de 67.34% siendo una correlación buena.

Las variables guardan una relación directamente proporcional, dado que ambas corresponden a un contenido de humedad lo cual garantiza que las propiedades del suelo sean aptas y seguras para los proyectos ingenieriles, por tanto, mientras la humedad óptima aumenta el límite líquido también incrementará.

CORRELACIÓN N. ° 8

Densidad Seca Máxima vs Límite Líquido – Densidad seca in situ

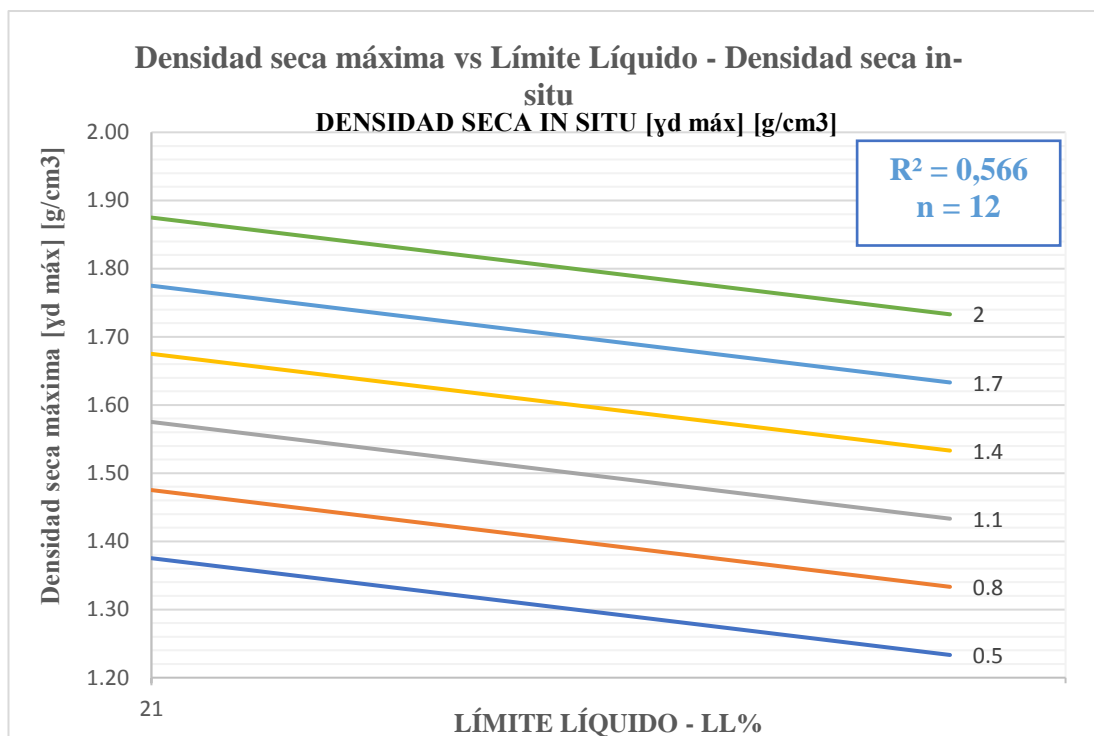


Figura 37: γd máx vs LL (%) – γd in situ

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $\gamma d \text{ máx} = 2.9282 - 1.3005 \log(LL) + 0.3331 \gamma d \text{ in situ}$

Coefficiente R^2 : 0.566

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

La gráfica realizada entre la Densidad Seca Máxima (γd máx.) vs. Límite Líquido (LL%) y Límite Plástico (LP%), realizada con los datos de 12 muestras, se ajusta a una correlación logarítmica dando un coeficiente de R^2 de 56.60% considerándose como regular.

En la gráfica se evidencia que la densidad seca máxima es directamente proporcional a la Densidad seca máxima In-Situ, mientras que el valor de Límite Líquido se mantiene constante. Es decir, si al aumentar la humedad en el suelo de estudio, éste se vuelve menos denso debido a que pierde peso en relación al volumen.

CORRELACIÓN N. ° 9

Densidad Seca Máxima vs Límite Líquido - Humedad Natural

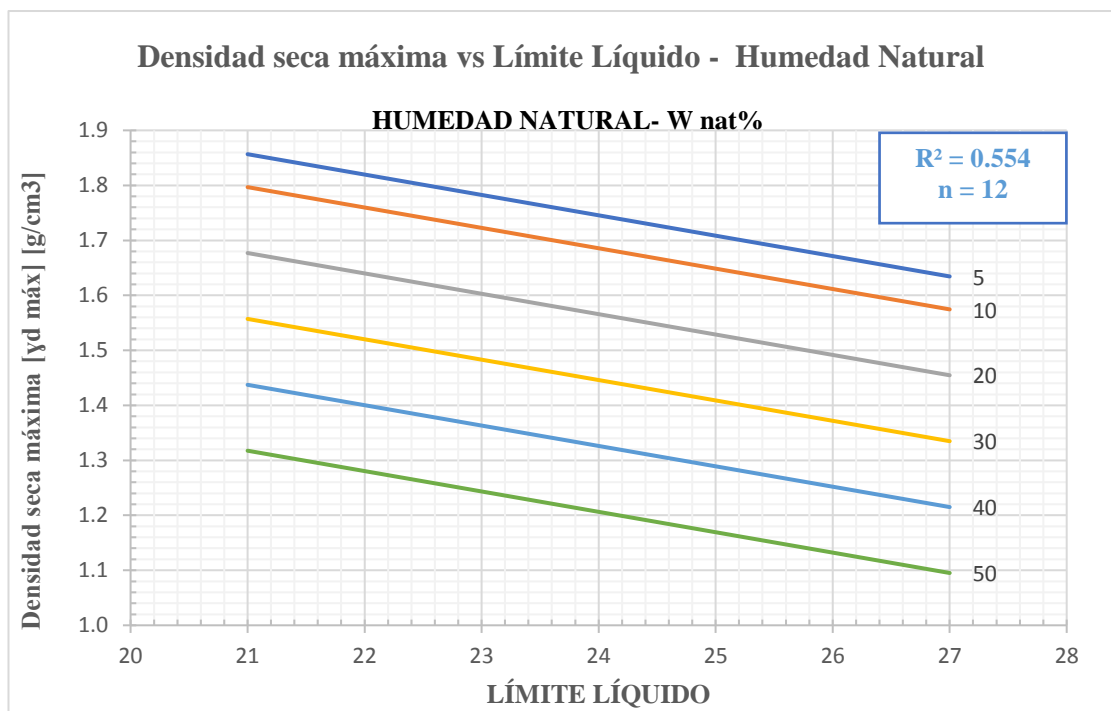


Figura 38: γd máx vs. LL (%) – W nat(%)

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $\gamma d \text{ máx} = 2.6948 - 0.04 (LL) - 0.01 (W \text{ nat})$

Coefficiente R^2 : 0.554

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

La gráfica realizada entre la Densidad Seca Máxima (γd máx.) vs. Humedad Natural ($W_{nat}\%$) y Límite Líquido (LL%), con 12 muestras, se ajusta a una correlación lineal múltiple, con un coeficiente de R^2 de 55.40% considerándose regular.

Se define que, entre el límite líquido y la humedad natural, existe una relación directamente proporcional, esto dado que los dos parámetros son contenidos de humedad, e irán incrementando uniformemente, por consiguiente, tienen una relación inversamente proporcional a la densidad, ya que por el aumento de agua la masa del suelo se expande y pierde sus características de resistencia.

CORRELACIÓN N. ° 10

Densidad Seca Máxima vs Límite Líquido - Límite Plástico

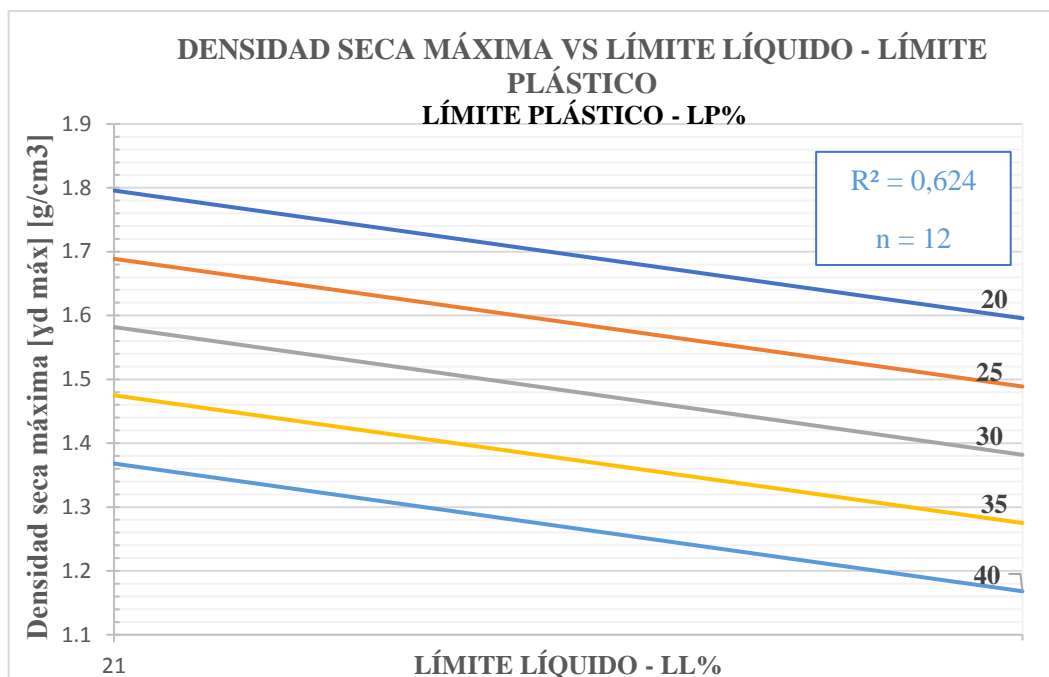


Figura 39: γd máx vs LL (%) – LP (%)

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $\gamma d \text{ máx} = 4.647 - 1.8330 \text{ Log}(LL) - 0.021(LP)$

Coefficiente R^2 : 0.624

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

Se realizó la gráfica utilizando 12 datos de las muestras de suelo, la relación entre la Densidad Seca Máxima (γd máx.) vs. Límite Líquido (LL%) y límite plástico (LP%), se ajusta a una correlación logarítmica múltiple, con un coeficiente de R^2 de 62.40% considerándose 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.

CORRELACIÓN N. ° 11

Densidad Seca in Situ vs Relación de Vacíos

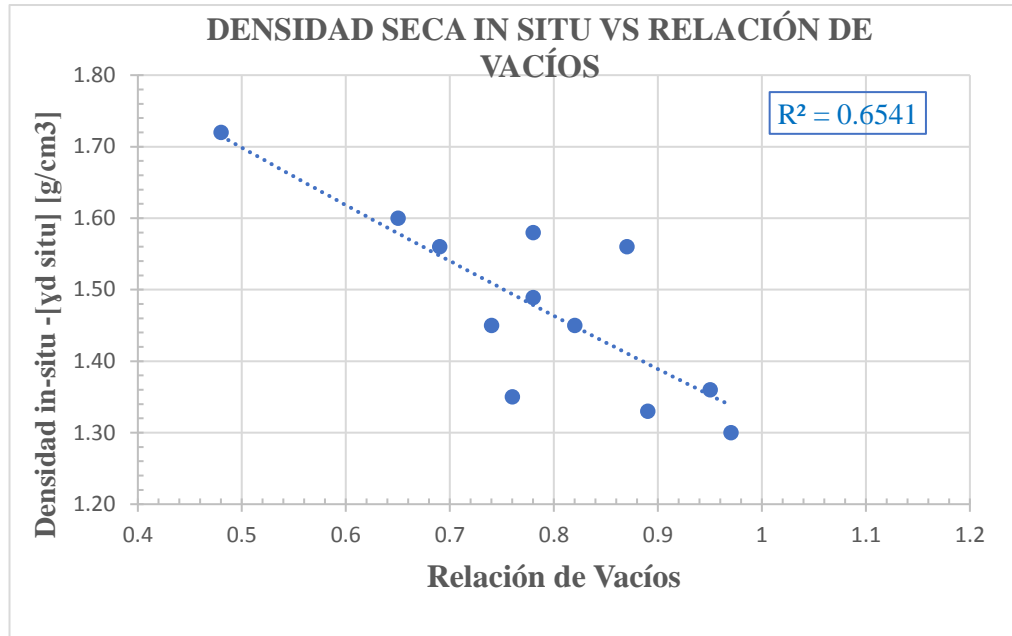


Figura 40: γd in situ vs Relación de vacíos (e)

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $\gamma d \text{ in situ} = 0.0977 e^2 - 0.9104 e + 2.129$

Coefficiente R^2 : 0.6541

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

La gráfica realizada entre la Densidad Seca In-Situ (γd in-situ) y la Relación de Vacíos (e), se ajusta a una correlación potencial simple con un coeficiente R^2 de 65.41% considerado como bueno.

Los parámetros analizados tienen una relación inversamente proporcional, es decir, la densidad del suelo es mayor cuando no existen espacios vacíos, siendo un suelo compacto, mientras menor sea la relación de vacíos, la densidad del suelo será mayor.

CORRELACIÓN N.º 12

Densidad Seca Máxima vs Límite Líquido - % Pasa N.º 200

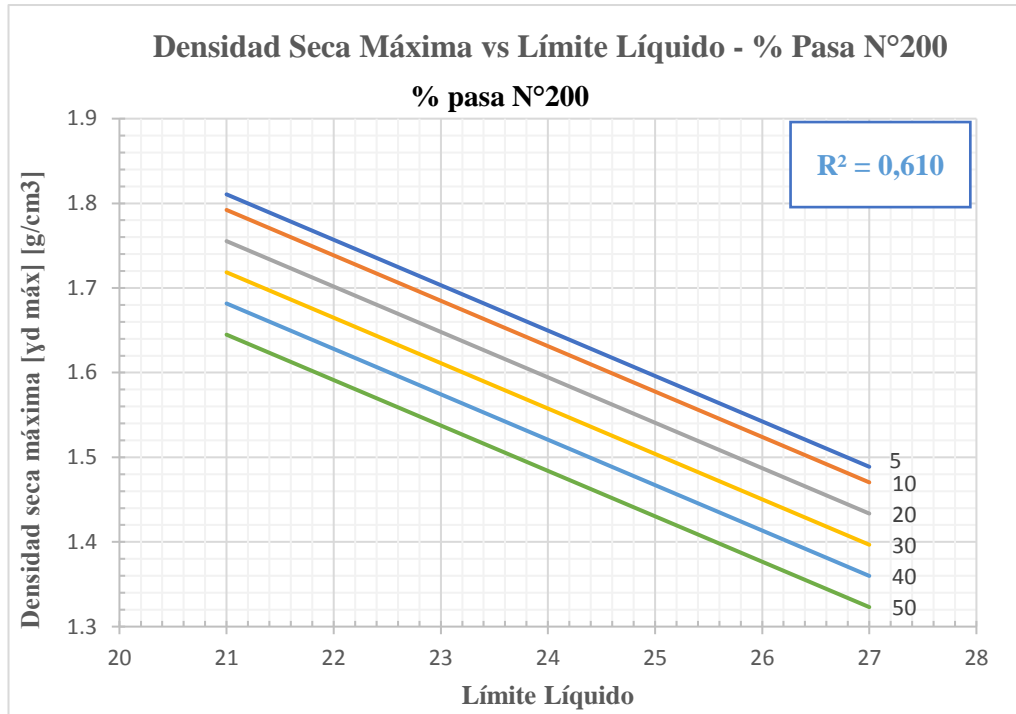


Figura 41: γ_d máx vs LL (%) – % pasa N.º 200

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $\gamma_d \text{ máx} = 2.9553 - 0.053(LL) - 0.0037(N.º200)$

Coefficiente R^2 : 0.61

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

La gráfica realizada entre la Densidad Seca Máxima vs Límite Líquido y el % Pasa No. 200, utilizando 12 datos se ajusta una correlación lineal múltiple de 3 variables, de la cual se obtuvo un coeficiente R^2 de 61.00%, siendo una correlación buena.

Se puede observar que el Límite Líquido incrementa mientras menor sea la cantidad de partículas finas friccionantes, por otro lado, mientras mayor sea el porcentaje de material que pasa el tamiz N.º 200, la Densidad Seca aumentará puesto que existe mayor presencia de partículas friccionantes.

CORRELACIÓN N. ° 13

Índice de Penetración vs Índice Plástico

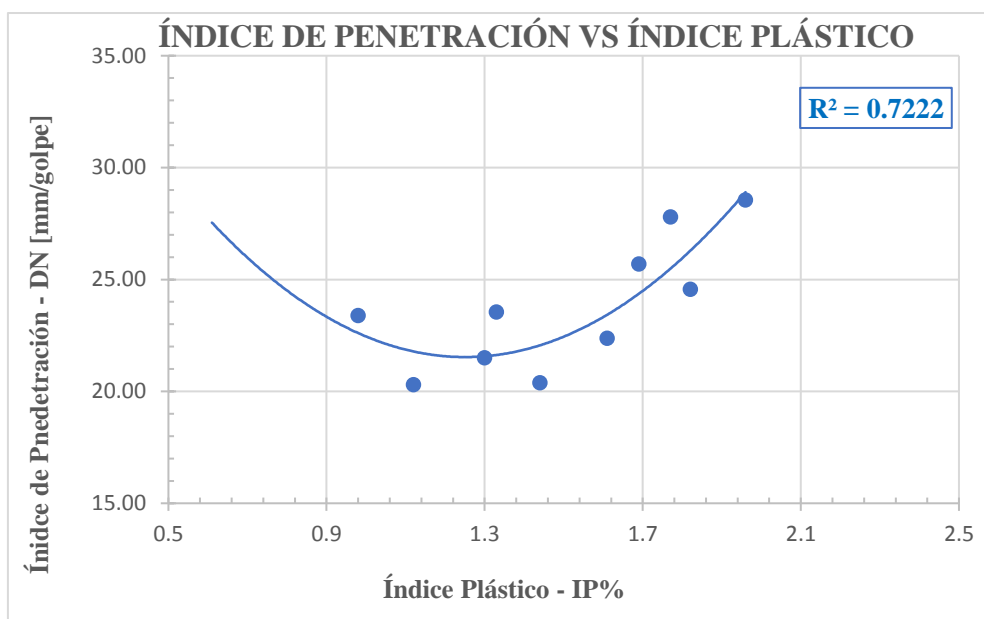


Figura 42: DN vs IP (%)

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $DN = 14.64 (IP)^2 - 36.62(IP) + 44.43$

Coefficiente R^2 : 0.722

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica se realizó con 10 datos y la relación entre Índice de Penetración (DN mm/golpe) vs el Índice Plástico (IP%), se ajusta a una correlación polinómica de grado 2, dando un coeficiente R^2 de 72.20%, que se considera como bueno.

Existe una relación directamente proporcional entre el Índice de Penetración (DN mm/golpe) vs el Índice Plástico (IP%), es decir, entre mayor sea el valor de Índice Plástico mayor será el Índice de Penetración, dado que, a mayor cantidad de agua en la muestra de suelo menor resistencia presenta a la penetración.

CORRELACIÓN N. ° 14

Índice de Penetración vs Humedad Natural

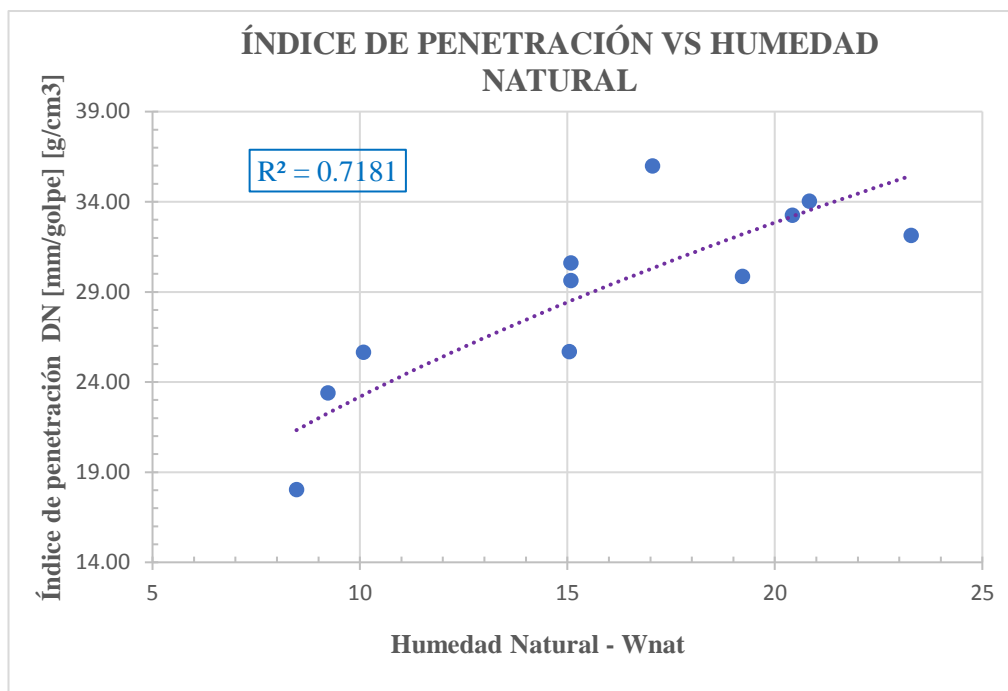


Figura 43: DN vs W nat (%)

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $DN = 7.2934 (W nat)^{0.5023}$

Coefficiente R^2 : 0.7181

Muestras utilizadas: 11

Interpretación:

La gráfica del Índice de Penetración (DN) vs Humedad Natural (W nat %), realizado con 11 datos de muestras, se ajustan a una correlación potencial, que arroja un coeficiente R^2 de 71.81%, considerado como bueno.

Los parámetros analizados presentan una relación directamente proporcional, dado que, a medida que se incrementa la humedad natural del suelo la penetración del suelo será más fácil, es decir, el índice de penetración incrementará y su resistencia será menor.

CORRELACIÓN N. ° 15

Índice de Penetración vs Grado de Saturación del Agua

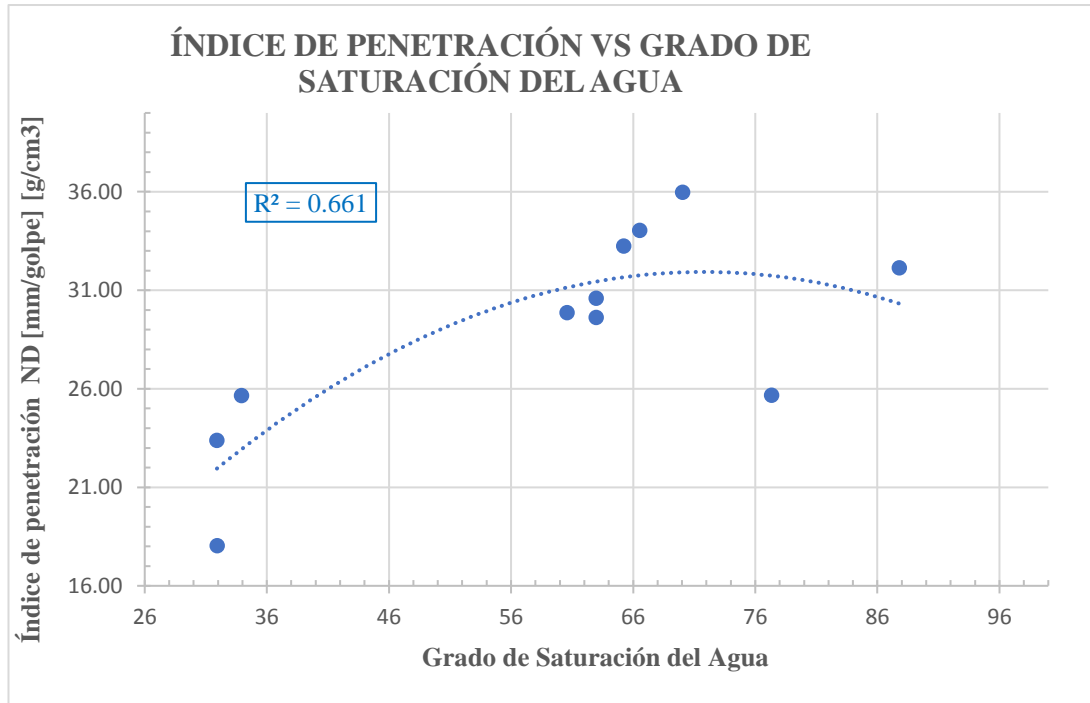


Figura 44: DN (%) vs. Gw (%)

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $DN = -0.0063 Gw^2 + 0.901 Gw - 0.4107$

Coefficiente R^2 : 0.661

Muestras utilizadas: 11

Interpretación:

La gráfica realizada entre el Índice de Penetración (DN) y el Grado de Saturación del Agua (Gw%), se ajusta a una correlación polinómica de grado 2 simple con un coeficiente R^2 de 66.10% considerándose 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 cuando la presencia de agua sea escasa.

CORRELACIÓN N. ° 16

Índice de Penetración vs Índice Plástico - Grado de Saturación del Agua

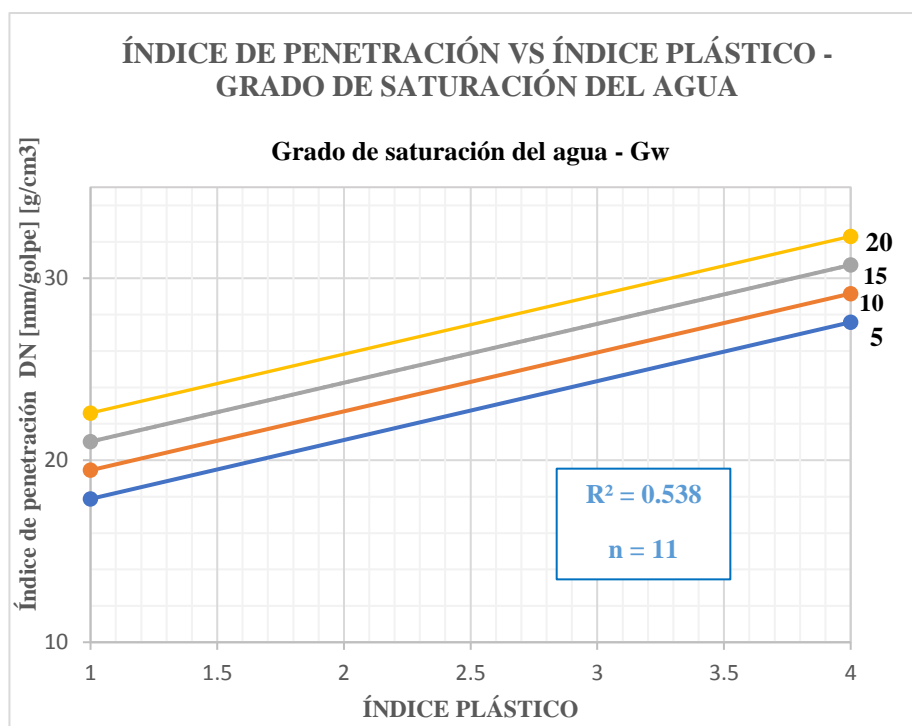


Figura 45: DN vs IP (%) – Gw (%)

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $DN = 14.64 + 3.236(IP) + 0.315 Gw$

Coefficiente R^2 : 0.538

Muestras utilizadas: 11

Interpretación:

La gráfica realizada entre el Índice de Penetración (DN %) vs Índice Plástico (IP %) y Grado de Saturación del Agua (Gw %) se ajusta a una correlación lineal múltiple con un coeficiente R^2 de 53.80% considerándose regular.

A partir de la gráfica obtenida se puede determinar que un incremento del Índice Plástico y del Grado de Saturación del Agua, el Índice de Penetración será mayor, debido a que el suelo al tener más humedad, será más plástico y menos resistente a la penetración.

CORRELACIÓN N. ° 17

Densidad Seca in Situ vs Índice de Penetración – Densidad Seca Máxima

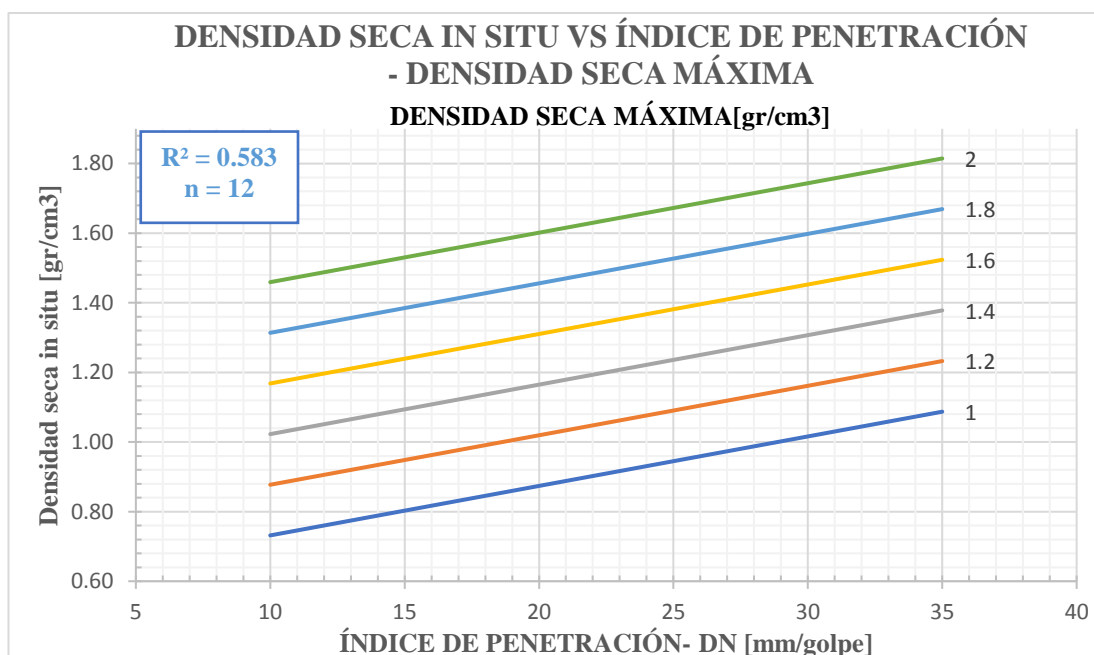


Figura 46: γ_d in situ vs DN – γ_d máx

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: γ_d in situ = $-0.1380 + 0.0142(\text{DN}) + 0.7276 \gamma_d$ máx

Coefficiente R^2 : 0.583

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

La gráfica realizada con 12 muestras entre la Densidad Seca in Situ vs el Índice de Penetración – Densidad Seca Máxima, se acopla a una correlación lineal múltiple arrojando un coeficiente R^2 de 58.30%, que representa a una correlación regular.

Mediante la gráfica, se puede obtener un valor aproximado de la Densidad Seca In-Situ, al conocer los valores del Índice de Penetración (DN mm/golpe) y Densidad seca Máxima (γ_d máx gr/cm³).

CORRELACIÓN N. ° 18

Densidad Seca Máxima vs. Límite Líquido – Índice de Penetración

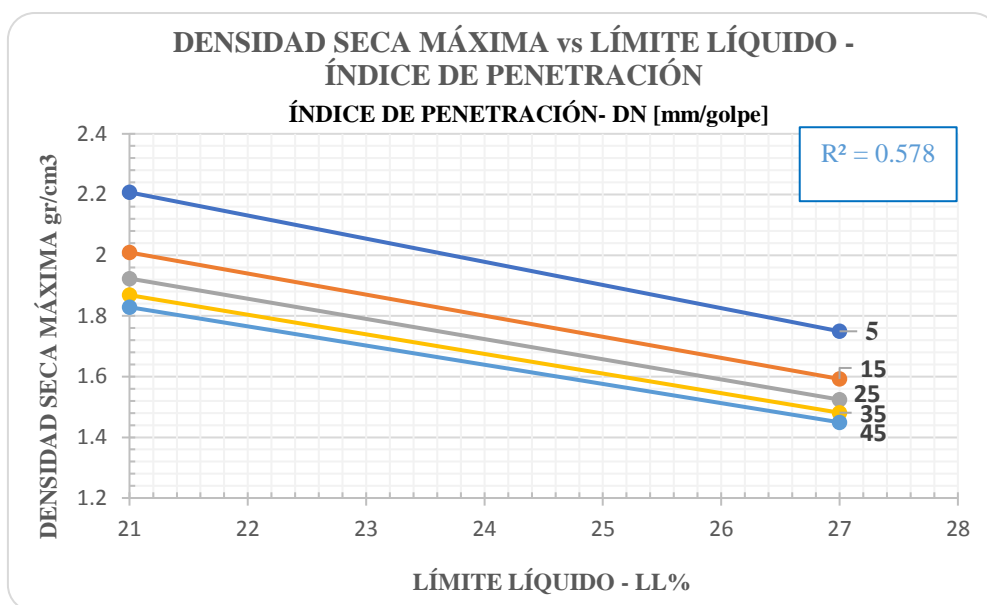


Figura 47: γd in máx vs. LL (%) - DN

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $\gamma d \text{ máx} = 42.3313 (LL)^{-0.925} (DN)^{-0.856}$

Coefficiente R²: 0.578

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

La gráfica realizada entre la densidad seca máxima (γd máx.) vs. Límite Líquido (LL%) y el Índice de penetración (DN), con los 12 datos de las muestras tomadas, se ajusta a una correlación logarítmica múltiple, cuyo coeficiente R² es de 57.80% considerándose como regular.

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.

CORRELACIÓN N. ° 19

Relación de Soporte California vs Límite Líquido - Límite Plástico

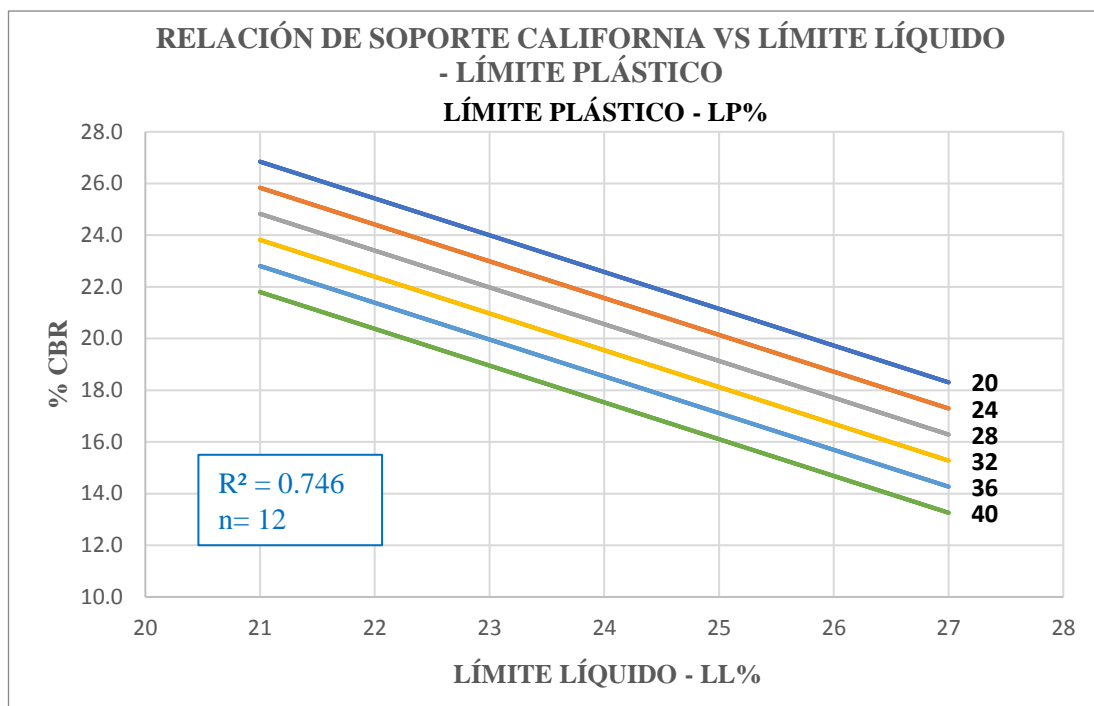


Figura 48: CBR% vs. LL (%) - LP (%)

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $CBR\% = 135.35 - 78.24 \log(LL) - 0.2523(LP)$

Coefficiente R^2 : 0.746

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

La gráfica realizada entre límite plástico (LP%) vs. límite líquido (LL%) y CBR mayor (CBR%), con 12 datos utilizados, se ajusta a una correlación Exponencial múltiple, con un coeficiente de R^2 igual a 74.60% considerándose muy buena.

El porcentaje de CBR es inversamente proporcional al Límite Líquido, y de la misma manera con el límite plástico, dado que los dos son contenidos de humedad, indica que mientras mayor sea la cantidad de agua en el suelo, menor será su resistencia por tanto el CBR% ira disminuyendo.

CORRELACIÓN N. ° 20

Relación de Soporte California vs Límite Plástico

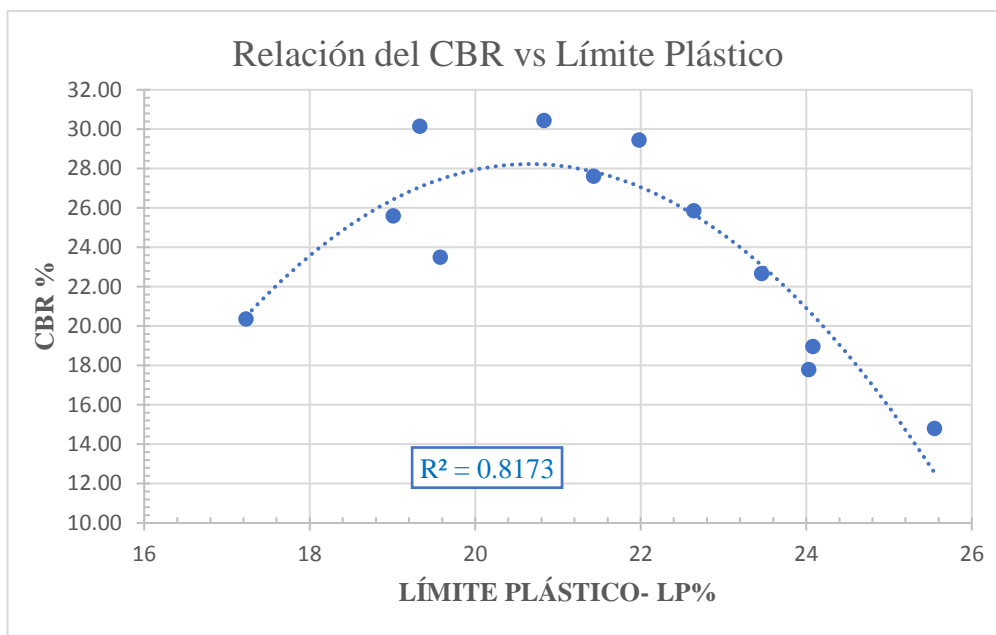


Figura 49: CBR % - LP (%)

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $CBR\% = -0.67 (LP)^2 + 27.771 (LP) - 252.23$

Coefficiente R^2 : 0.8173

Muestras utilizadas: 12

Interpretación:

La gráfica realizada entre CBR mayor (CBR%) vs el Límite Plástico (LP%), con 12 datos utilizados, se ajusta a una correlación polinómica de grado 2, con un coeficiente R^2 de 81.73% considerándose muy bueno.

El porcentaje de CBR es inversamente proporcional al Límite Plástico, esto se presenta ya que el límite plástico al ser un contenido de humedad, mientras mayor sea la presencia de agua en la muestra de suelo éste se volverá más plástico y la resistencia disminuirá, presentando valores menores para el CBR%.

CORRELACIÓN N. ° 21

Relación del CBR vs Humedad Natural

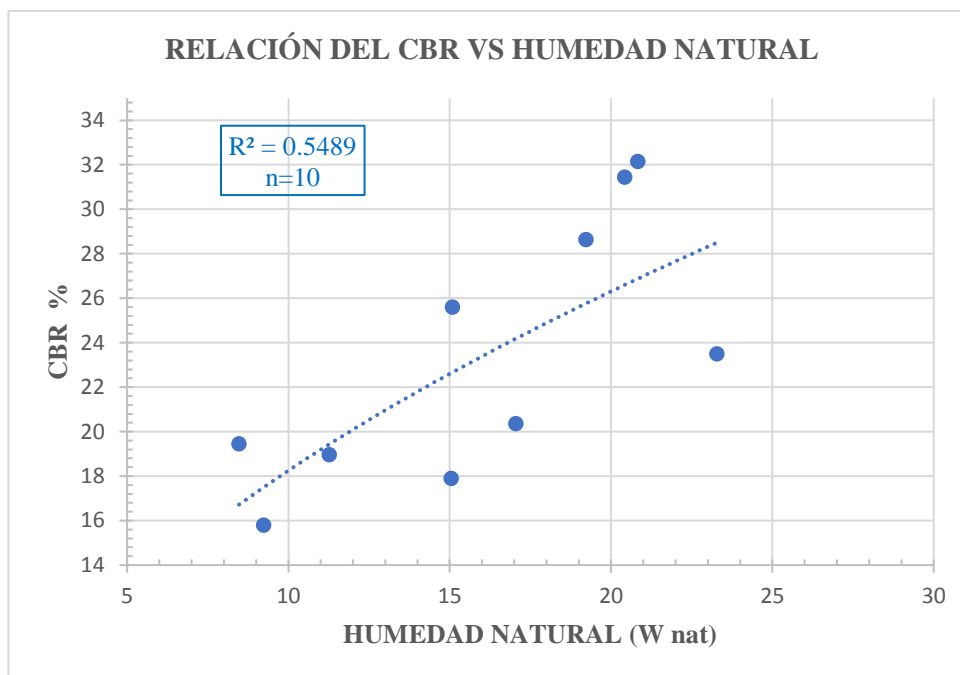


Figura 50: CBR % - W nat (%)

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $CBR \% = -0.0163 (W nat)^2 + 1.3497 (W nat) + 6.3409$

Coefficiente R²: 0.5489

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica realizada entre el CBR mayor (CBR%) y la humedad natural (Wnat%), utilizando 10 datos, se ajusta a una correlación polinómica simple con un coeficiente R² de 54.89% considerándose regular.

El CBR guarda una relación inversamente proporcional 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 ocupados por agua, y el suelo tiende a plastificarse.

CORRELACIÓN N. ° 22

Relación de CBR Vs Índice de Penetración

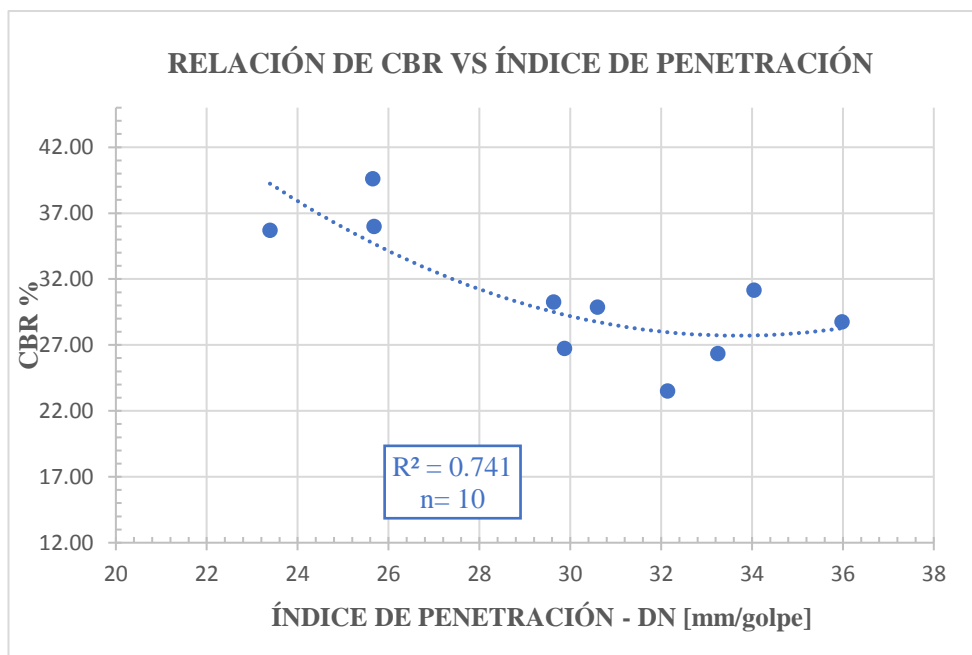


Figura 51: CBR (%) vs. DN (mm/golpe)

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Ecuación: $CBR \% = 0.01086 (DN)^2 - 3.0150 (DN) + 150.97$

Coefficiente R^2 : 0.641

Muestras utilizadas: 10

Interpretación:

La gráfica realizada entre el CBR (%) y el índice de penetración (DN), se ajusta a una correlación polinómica simple con un coeficiente R^2 igual a 74.10% 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.

3.1.6 Diseño Estructural del Pavimento Flexible

3.1.6.1 Conteo vehicular

El factor principal a tomar en consideración para el diseño de un pavimento es el tráfico, por consiguiente, se realizó un conteo vehicular en la vía Juan Montalvo el día Sábado 16 de mayo de 2022, desde las 06:00 hasta las 18:00 horas, con un intervalo de 15 min, obteniendo el siguiente resumen:

Tabla 34: Conteo Vehicular

CONTEO VEHICULAR SÁBADO				
Periodo	Livianos	Buses	Pesados	Volumen cada Hora
6:00 - 7:00	31	5	1	36
7:00 - 8:00	33	6	2	39
8:00 - 9:00	28	5	2	34
9:00 - 10:00	23	3	0	25
10:00 - 11:00	19	2	3	24
11:00 - 12:00	18	2	0	20
12:00 - 13:00	18	3	1	21
13:00 - 14:00	19	0	0	19
14:00 - 15:00	17	1	1	19
15:00 - 16:00	17	1	0	18
16:00 - 17:00	31	2	2	35
17:00 - 18:00	29	1	0	30
TOTAL	283	31	12	326

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Analizado el conteo de tráfico, se estableció la hora pico, misma que se da entre las 7:00 y 8:00 am.

Tabla 35: Análisis de Hora Pico

HORA PICO				
Periodo	Livianos	Buses	Pesados	Volumen cada Hora
7:00 - 7:15	8	1	2	11
7:15 - 7:30	8	1	0	9
7:30 - 7:45	9	3	0	12
7:45 - 8:00	8	1	0	9
	33	6	2	41

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

- **Factor de la Hora Pico**

$$FHP = \frac{\text{Promedio}}{\text{Mayor volumen registrado durante la hora pico}}$$

$$FHP = \frac{11 + 9 + 12 + 9}{4} \div 12$$

$$FHP = 0.85$$

Para obtener un tráfico uniforme y diseño correcto, el factor de hora pico (FHP), se lo debe asumir como la unidad es decir $FHP = 1.00$.

3.1.6.2 Cálculo del tráfico actual del proyecto

En base al conteo realizado se puede terminar los siguientes datos:

- Tráfico promedio diario (TPD)= 326
- Volumen horario máximo diario (VHMD) = 39
- Volumen máximo en 15 minutos ($Q_{15\text{máx}}$) = 12
- **Porcentaje de la trigésima hora**

Para el diseño en vías de zona rural el MTOP recomienda utilizar coeficiente de entre 12%- 18% para este proyecto se utilizará un coeficiente del 15% y un factor horario pico igual a 1.

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

TPDA Livianos:

$$TPDA = \frac{33 * 1}{15\%}$$

$$TPDA = 220 \text{ Vehículos/día}$$

TPDA Buses:

$$TPDA = \frac{6 * 1}{15\%}$$

$$TPDA = 40 \text{ Vehículos/día}$$

TPDA Pesados:

$$TPDA = \frac{2 * 1}{15\%}$$

$$TPDA = 13.33 \rightarrow 13 \text{ Vehículos/día}$$

$$TPDA \text{ Actual} = TPDA \text{ livianos} + TPDA \text{ buses} + TPDA \text{ Pesados}$$

$$TPDA \text{ Actual} = 220 + 40 + 13$$

$$TPDA \text{ Actual} = 273$$

- **Tráfico vehicular actual 1er año**

Tabla 36: Coeficientes de Crecimiento Vehicular

Período	Livianos	Buses	Camiones
2010 – 2015	0.0447	0.0222	0.0218
2015 – 2020	0.0397	0.0197	0.0194
2020 – 2025	0.0357	0.0178	0.0174
2025 – 2030	0.0325	0.0162	0.0158

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, MOP 2003

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

TPDA 1 año Livianos:

$$TPDA_{1 \text{ año}} = 220 * (1 + 0.0357)^1$$

$$TPDA_{1 \text{ año}} = 227.85 \rightarrow 227 \text{ vehículos/día}$$

TPDA 1 año Buses:

$$TPDA_{1 \text{ año}} = 40 * (1 + 0.0357)^1$$

$$TPDA_{1 \text{ año}} = 41.42 \rightarrow 41 \text{ vehículos/día}$$

TPDA 1 año Pesados:

$$TPDA_{1 \text{ año}} = 13 * (1 + 0.0357)^1$$

$$TPDA_{1 \text{ año}} = 13.46 \rightarrow 13 \text{ vehículos/día}$$

$$TPDA_{1 \text{ año}} = TPDA_{1 \text{ año}} \text{ Livianos} + TPDA_{1 \text{ año}} \text{ Buses} \\ + TPDA_{1 \text{ año}} \text{ Pesado}$$

$$TPDA_{1 \text{ año}} = 227 + 41 + 13$$

$$TPDA_{1 \text{ año}} = 281 \text{ veh\u00edculos /d\u00eda}$$

- **Tr\u00e1fico generado**

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

Tr\u00e1fico generado Livianos:

$$Tg = 20\% * 227$$

$$Tg = 45.4 \rightarrow 45 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tr\u00e1fico generado Buses:

$$Tg = 20\% * 41$$

$$Tg = 8.2 \rightarrow 8 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tr\u00e1fico generado Pesados:

$$Tg = 20\% * 13$$

$$Tg = 2.6 \rightarrow 2 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- **Tr\u00e1fico Atra\u00eddo**

$$Tat = 10 \% * TPDA (1 \text{ a\u00f1o})$$

Tr\u00e1fico Atra\u00eddo Livianos:

$$Tat = 10 \% * 227$$

$$Tat = 22.7 \rightarrow 22 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tr\u00e1fico Atra\u00eddo Buses:

$$Tat = 10 \% * 41$$

$$Tat = 4.1 \rightarrow 4 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tráfico Atraído Pesados:

$$T_{at} = 10 \% * 13$$

$$T_{at} = 1.3 \rightarrow 1 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- **Tráfico desarrollado**

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

Tráfico Desarrollado Livianos:

$$T_d = 10\% * 227$$

$$T_d = 22.7 \rightarrow 22 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tráfico Desarrollado Buses:

$$T_d = 10\% * 41$$

$$T_d = 4.1 \rightarrow 4 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tráfico Desarrollado Pesados:

$$T_d = 10\% * 13$$

$$T_d = 1.3 \rightarrow 1 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tabla 37: Tráfico Actual Total de la v\u00eda en estudio

Tipo de Veh\u00edculo	TPDA Actual	TPDA 1 A\u00f1o	Tg	Tat	Td	Ta TOTAL
Livianos	220	227	45	22	22	316
Buses	40	41	8	4	4	57
Pesados	13	13	2	1	1	17

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

3.1.6.3 C\u00e1lculo del tr\u00e1fico futuro

De acuerdo las normas de dise\u00f1o geom\u00e9trico de carreteras para v\u00edas pavimentadas con un volumen de tr\u00e1fico bajo, se debe considerar un periodo de an\u00e1lisis de entre 15 a 25 a\u00f1os. [26]

El c\u00e1lculo del tr\u00e1fico futuro se basa en la siguiente f\u00f3rmula, con los \u00edndices de crecimiento propuestos por el MTOP:

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

Tabla 38: Tráfico proyectado para el tiempo de diseño

N.º Años	Período	ÍNDICE DE CRECIMIENTO (I%)			TRÁFICO FUTURO			TOTAL
		Livianos	Buses	Pesados	Livianos	Buses	Pesados	
0	2022	3.57	1.78	1.74	316	57	17	390
1	2023	3.57	1.78	1.74	328	59	18	405
2	2024	3.57	1.78	1.74	339	60	18	417
3	2025	3.57	1.78	1.74	352	61	18	431
4	2026	3.25	1.62	1.58	360	61	19	440
5	2027	3.25	1.62	1.58	371	62	19	452
6	2028	3.25	1.62	1.58	383	63	19	465
7	2029	3.25	1.62	1.58	396	64	19	479
8	2030	3.25	1.62	1.58	409	65	20	494
9	2031	3.25	1.62	1.58	422	66	20	508
10	2032	3.25	1.62	1.58	436	67	20	523
11	2033	3.25	1.62	1.58	450	69	21	540
12	2034	3.25	1.62	1.58	464	70	21	555
13	2035	3.25	1.62	1.58	479	71	21	571
14	2036	3.25	1.62	1.58	495	72	22	589
15	2037	3.25	1.62	1.58	511	73	22	606
16	2038	3.25	1.62	1.58	528	74	22	624
17	2039	3.25	1.62	1.58	545	75	23	643
18	2040	3.25	1.62	1.58	562	77	23	662
19	2041	3.25	1.62	1.58	581	78	23	682
20	2042	3.25	1.62	1.58	600	79	24	703

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

El tráfico a considerar para el proyecto es de 703 vehículos/día, de acuerdo a las normativas del Tráfico Actual Total de la vía en estudio MOP para el diseño de carreteras, se considera como una vía colectora clase III

Tabla 39: 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

3.1.6.4 Cálculo de Ejes Equivalentes (W18)

- **Factor de daño**

Tabla 40: Factor de Daño según el tipo de automotor (FD)

Tipo	Simple		Simple Doble		Tándem		Trídem		Factor de daño
	Ton	(P/6,6) ⁴	Ton	(P/8,2) ⁴	Ton	(P/15) ⁴	Ton	(P/23) ⁴	
Liviano	3	0.04							0.04
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

Los factores de daños a utilizarse son: Livianos → 0.04, Buses → 1.04 y vehículos Pesados → 1.29.

- **Factor de distribución por carril**

La vía que ese consideró para el diseño tiene un carril por cada sentido, es decir que, se usa el 100%.

Tabla 41: Factor de distribución del 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 pavimentos flexibles, -AASHTO 93

- **Número de ejes equivalentes**

Se utiliza los datos del final del periodo de diseño, para cada tipo de vehículo, calculado con la siguiente fórmula:

$$W18_{total} = TPDA(final) * FD * 365$$

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 2042

$$W18_{total} = TPDA(final) * FD * 365$$

$$W18_{total} = [(600 * 0.04) + (79 * 1.04) + (24 * 1.29)] * 365$$

$$W18_{total} = 50048.8$$

Tabla 42: Cálculo del número de ejes equivalentes (W18)

N.º AÑOS	PERÍODO	ÍNDICE DE CRECIMIENTO (i%)			TPDA Futuro			Total	W18 Acum	W18 parcial	W18 por carril
		LIVIANOS	BUSES	PESADOS	LIVIANOS	BUSES	PESADOS				
0	2022	3.57	1.78	1.74	316	57	17	390	34255.25	34255.25	17127.625
1	2023	3.57	1.78	1.74	328	59	18	405	69915.75	35660.5	34957.88
2	2024	3.57	1.78	1.74	339	60	18	417	106116.45	36200.7	53058.2
3	2025	3.57	1.78	1.74	352	61	18	431	142886.55	36770.1	71443.275
4	2026	3.25	1.62	1.58	360	61	19	440	180244.3	37357.75	90122.15
5	2027	3.25	1.62	1.58	371	62	19	452	218142.25	37897.95	109071.125
6	2028	3.25	1.62	1.58	383	63	19	465	256595	38452.75	128297.5
7	2029	3.25	1.62	1.58	396	64	19	479	295617.15	39022.15	147808.575
8	2030	3.25	1.62	1.58	409	65	20	494	335679.55	40062.4	167839.775
9	2031	3.25	1.62	1.58	422	66	20	508	376311.35	40631.8	188155.675
10	2032	3.25	1.62	1.58	436	67	20	523	417527.15	41215.8	208763.575
11	2033	3.25	1.62	1.58	450	69	21	540	460177.4	42650.25	230088.7
12	2034	3.25	1.62	1.58	464	70	21	555	503411.65	43234.25	251705.825
13	2035	3.25	1.62	1.58	479	71	21	571	547244.5	43832.85	273622.25
14	2036	3.25	1.62	1.58	495	72	22	589	592161.4	44916.9	296080.7
15	2037	3.25	1.62	1.58	511	73	22	606	637691.5	45530.1	318845.75
16	2038	3.25	1.62	1.58	528	74	22	624	683849.4	46157.9	341924.7
17	2039	3.25	1.62	1.58	545	75	23	643	731105.95	47256.55	365552.975
18	2040	3.25	1.62	1.58	562	77	23	662	779369.9	48263.95	389684.95
19	2041	3.25	1.62	1.58	581	78	23	682	828290.85	48920.95	414145.425
20	2042	3.25	1.62	1.58	600	79	24	703	878339.65	50048.8	439169.825

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

El valor total de ejes equivalentes para un período de diseño de 20 años, es decir, para el año 2042 es de 439169.82

Tabla 43: Espesores mínimos según ejes equivalentes

TRÁNSITO W18	CARPETA ASFÁLTICA (D1)	CAPA BASE (D2)
Menos de 50 000	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
5 000 001 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

De acuerdo a los datos W18 y la tabla presentada se tiene espesores para las capas del pavimento de:

Capa asfáltica D1 = 2.5 pulgadas

Base Granular D2= 4.0 pulgadas

- **Confiabilidad “R”**

La zona de estudio al ser una parroquia Rural, la vía en estudio se considera como una carretera de segundo orden, el nivel de confiabilidad “R” se encuentra entre 75-95, para este proyecto se considerará un valor de 85%.

Tabla 44: Nivel de confiabilidad "R"

Clasificación Funcional	Nivel de Confiabilidad R	
	Urbana	Rural
Autopistas	85 – 99.9	80 – 89.99
Carreteras de Primer Orden	80 - 99	75 – 95
Carreteras Secundarias	80 - 95	75 - 95
Caminos Vecinales	50 - 80	50 – 80

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

- **Densidad Estándar Normal “Zr”**

El valor de Desviación Estándar Normal (Zr) correspondiente al nivel de confiabilidad de 85% es de -1.037

Tabla 45: Desviación Estándar Normal Zr

Nivel de Confiabilidad R	Zr
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

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

- **Desviación Estándar Global “So”**

Para el diseño de un pavimento flexible la desviación estándar varía de $0.40 < So < 0.50$, la guía de diseño AASHTO – 93 recomienda el valor de 0.45.

- **Índice de Serviciabilidad (PSI)**

$$\Delta PSI = PSI \text{ Inicial} - PSI \text{ Final}$$

PSI Inicial → 4.2 para pavimentos flexibles

PSI Final → 2.0 para caminos secundarios

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

- **Módulo de Resiliencia “Mr”**

Se utilizará un CBR de laboratorio con un valor de 25.85% correspondiente al pozo N.º 3 ubicado en el sector La Florida Alto. Se considera este dato, dado que, la mayor parte de los ensayos CBR presentaron valores mayores a 20%, como se puede evidenciar en la Tabla Nº 31.

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

$$Mr (psi) = 4326 * \ln(25.85) + 241$$

$$Mr (psi) = 14310.5$$

$$Mr = 14.31 Ksi$$

- **Coefficiente Estructural a1**

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

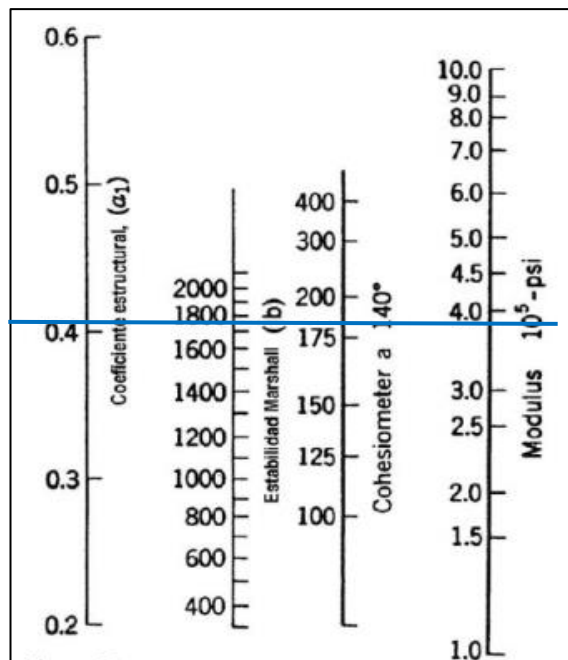


Figura 52: Nomograma para determinar el coeficiente estructural de la subrasante a1

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= 0.405, el módulo de resiliencia para la carpeta asfáltica corresponde a 375 000 psi.

Tabla 46: Determinación de valores a1

Módulo elástico		Valores a1
PSI	Mpa	
250000	1750	0.330
275000	1925	0.350
300000	2100	0.360
325000	2275	0.375
350000	2450	0.850
375000	2625	0.405
400000	2800	0.420
425000	2975	0.435
450000	3150	0.440

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

- **Coefficiente Estructural a2**

Para la determinación de a2, la normativa del diseño geométrico de carreteras MOP 2003, indica que el CBR mínimo de una base granular es de 80%, en base a ello se obtiene el coeficiente estructural $a_2 = 0.132$ y un Módulo de Elasticidad para la capa base de 28 Ksi en el siguiente nomograma.

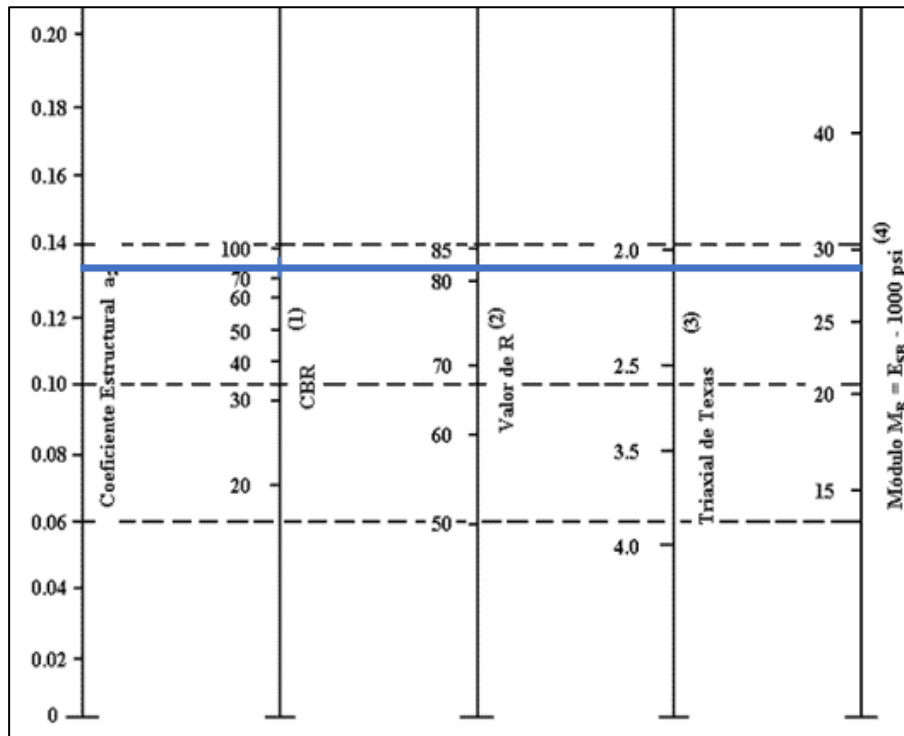


Figura 53: Nomograma para la determinación del coeficiente estructural a2

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

- **Coefficiente Estructural a_3**

Para la determinación del coeficiente a_3 , la normativa del diseño geométrico MOP 2003, indica que el CBR mínimo que debe tener una sub-base granular es de 30% en este caso se va a utilizar un CBR de 40%. Partiendo de dicho dato se determina a_3 y el Módulo de Elasticidad para la capa de sub-base

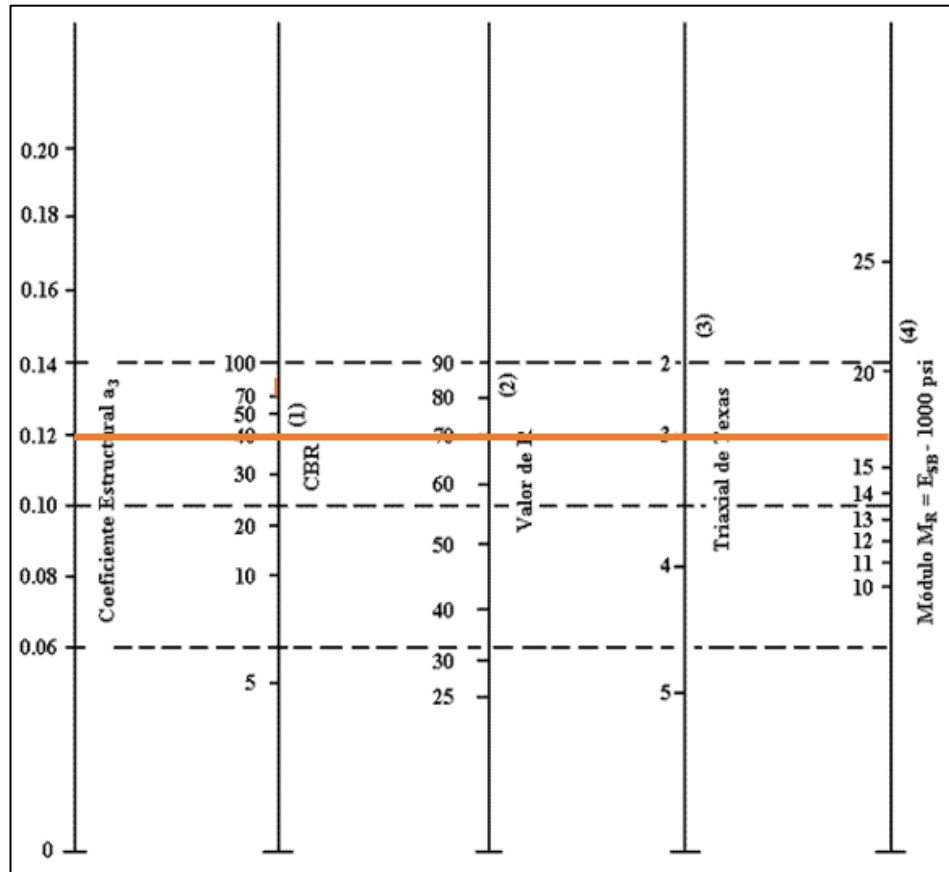


Figura 54: Nomograma para la determinación del coeficiente estructural a_3

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

Se determina un coeficiente estructural $a_3 = 0.12$ y un Módulo de Elasticidad para sub-base de 16.1 Ksi.

- **Coefficiente de drenaje “m₂” y “m₃”**

La calidad del drenaje del pavimento se basa en el tiempo en el cual el agua tarda en ser eliminada de las capas granulares como son la base y sub-base, en este caso se estima una calidad de drenaje Regular esto debido a que la zona de estudio es una zona húmeda y se establece un coeficiente de 0.9.

Tabla 47: Calidad de Drenaje

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

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO – 93

Tabla 48: Corrección de coeficiente m₂ y m₃ en base al drenaje

Calidad de Drenaje	Porcentaje del tiempo en el que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	Menos del 1%	1% a 5%	5 a 25%	Más de 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

- **Resumen de datos obtenidos**

Para determinar el número estructural, se hace uso de la calculadora “AASHTO 93”, necesitando los siguientes datos:

- **Diseño de Pavimento Flexible con CBR% de Laboratorio**

Tabla 49: Cuadro resumen para el cálculo de SN, CBR 25.85%

DATOS	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2042	703
Periodo de Diseño	20 años
Clasificación de la vía	Colectora clase III
Número de ejes equivalentes (W18)	439169.82
Factor de Confiabilidad (R)	85%
Desviación Estándar Normal (Zr)	-1.037
Desviación Estándar Global (So)	0.45
Índice de Serviciabilidad (PSI)	2.2
Serviciabilidad Inicial	4.2
Serviciabilidad Final	2
Módulo de Resiliencia de la subrasante Mr (PSI)	14310.5
Módulo de Resiliencia de la carpeta asfáltica (PSI)	375000
Módulo de Resiliencia de la capa base (PSI)	28000
Módulo de Resiliencia de la capa sub-base (PSI)	16100
Coficiente estructural a1	0.405
Coficiente estructural a2	0.132
Coficiente estructural a3	0.12
Coficiente de drenaje m2 y m3	0.9

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Figura 55: Software diseño de pavimento flexible, CBR 25.85%

Fuente: AASHTO 93

Tabla 50: Diseño de Pavimento Flexible, CBR 25.85%

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
PROYECTO	: Proyecto de titulación	TRAMO	: Huambaló-Florida Alto
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)			16.10
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			439,170
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)			14.31
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 (a1)			0.405
Base granular (a2)			0.132
Subbase (a3)			0.120
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m2)			0.900
Subbase (m3)			0.900
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})		2.24	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})		1.73	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})		0.41	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})		0.10	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	10.8 cm	5.5 cm	0.88
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	8.8 cm	15.0 cm	0.70
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	2.4 cm	20.0 cm	0.85
ESPESOR TOTAL (cm)		40.5 cm	2.43
DISEÑADO POR : Joyce Rosangela Guato Recalde			<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 25.85% son:

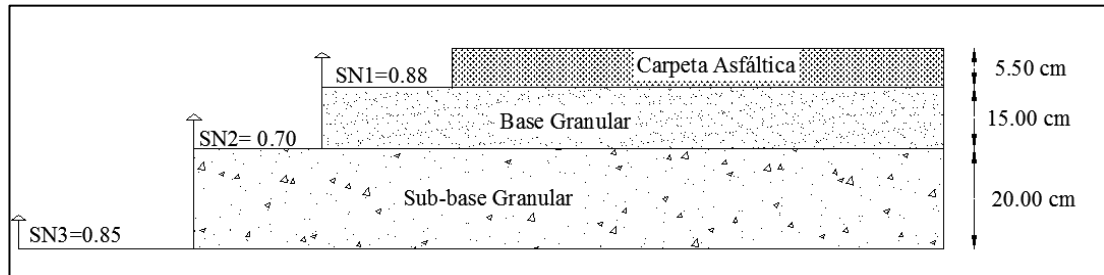


Figura 56: Espesor de las capas del pavimento diseñado con CBR de laboratorio

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

De acuerdo al diseño propuesto se alcanza un número estructural de 2.43, mismo que satisface el SN requerido:

$$SN1 + SN2 + SN3 \geq SN \text{ Subrasante}$$

$$0.88 + 0.70 + 0.85 \geq 2.24$$

$$2.43 \geq 2.24 \rightarrow SN \text{ Si Cumple}$$

Tabla 51: Propuesta de espesores de la estructura del pavimento para CBR de laboratorio.

Espesores Propuestos		
Estructura Pavimento	Espesor (cm)	SN
Carpeta Asfáltica	5.50	0.88
Base Granular	15.00	0.70
Subbase granular	20.00	0.85
Espesor Total	40.50	2.43

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

3.1.6.5 Aplicación de las correlaciones para el diseño de pavimento flexible

Para el cálculo del CBR mediante las ecuaciones generadas por las correlaciones, se utilizan datos correspondientes al pozo N.º 3 del sector de Florida alto:

$$DN = 49.86 \text{ (mm/golpe)}$$

$$W_{nat} = 11.26\%$$

LL= 24.69%

LP= 24.08%

γ_d in situ = 1.56 gr/cm³

- **Correlación N.º 19**

$$CBR\% = 135.35 - 78.24 \text{ Log}(LL) - 0.2523(LP)$$

$$CBR\% = 135.35 - 78.24 \text{ Log}(24.69) - 0.2523(24.08)$$

$$CBR\% = 20.32\%$$

- **Correlación N.º 20**

$$CBR\% = -0.67 (LP)^2 + 27.771 (LP) - 252.23$$

$$CBR\% = -0.67 (24.08)^2 + 27.771 (24.08) - 252.23$$

$$CBR\% = 28\%$$

- **Correlación N.º 21**

$$CBR \% = -0.0163 (W_{nat})^2 + 1.3497 (W_{nat}) + 6.3409$$

$$CBR \% = -0.0163 (11.26)^2 + 1.3497 (11.26) + 6.3409$$

$$CBR \% = 19.47\%$$

- **Correlación N.º 22**

$$CBR \% = 0.01086 (DN)^2 - 3.0150 (DN) + 150.97$$

$$CBR \% = 0.01086 (49.86)^2 - 3.0150 (49.86) + 150.97$$

$$CBR \% = 27.64\%$$

Se realiza un promedio de los CBR obtenidos mediante las correlaciones, incluyendo el valor de CBR de laboratorio.

$$CBR \% = \frac{(20.32 + 28 + 19.47 + 27.64 + 25.85)}{5}$$

$$CBR \% = 24.25 \%$$

El diseño del pavimento se basa en el CBR calculado mediante las correlaciones.

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

$$Mr (psi) = 4326 * \ln(24.25) + 241$$

$$Mr (psi) = 14034.1$$

$$Mr = 14.03 Ksi$$

Tabla 52: Cuadro Resumen para el cálculo de SN, CBR 24.25%

DATOS	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2042	703
Periodo de Diseño	20 años
Clasificación de la vía	Colectora clase III
Número de ejes equivalentes (W18)	439169.82
Factor de Confiabilidad (R)	85%
Desviación Estándar Normal (Zr)	-1.037
Desviación Estándar Global (So)	0.45
Índice de Serviciabilidad (PSI)	2.2
Serviciabilidad Inicial	4.2
Serviciabilidad Final	2
Módulo de Resiliencia de la subrasante Mr (PSI)	14034.1
Módulo de Resiliencia de la carpeta asfáltica (PSI)	375000
Módulo de Resiliencia de la capa base (PSI)	28000
Módulo de Resiliencia de la capa sub-base (PSI)	16100
Coefficiente estructural a1	0.405
Coefficiente estructural a2	0.132
Coefficiente estructural a3	0.12
Coefficiente de drenaje m2 y m3	0.9

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. It is a graphical user interface for calculating the structural number (SN) for flexible pavement design. The interface includes several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu showing '85 % Zr=-1.037' and a text box for 'So' with the value '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for 'Mr' with the value '14034.1 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'. These are currently empty.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'.
- Número Estructural:** A text box for 'SN =' with the value '2.25'.
- W18:** A text box for 'W18 =' with the value '439169.82'.
- Buttons:** 'Calcular' and 'Salir' buttons are located at the bottom.

Figura 57: Software diseño de pavimento flexible, CBR 24.25%

Fuente: AASHTO 93

Tabla 53: Diseño de Pavimento Flexible, CBR 24.25%

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
PROYECTO	: Proyecto de titulación	TRAMO	: Huambaló-Florida Alto
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)			16.10
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			439,170
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)			14.03
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)			0.405
Base granular (a ₂)			0.132
Subbase (a ₃)			0.120
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})		2.25	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})		1.72	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})		0.41	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})		0.12	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
	TEORICO	PROPUESTA	
		ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	10.8 cm	5.0 cm	0.80
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	8.8 cm	15.0 cm	0.70
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	2.8 cm	20.0 cm	0.85
ESPESOR TOTAL (cm)		40.0 cm	2.35
DISEÑADO POR : Joyce Rosangela Guato Recalde			<i>fm</i>

Fuente: AASHTO 93

Los espesores propuestos para las capas del pavimento flexible para un CBR de subrasante de 24.25%, obtenido mediante correlaciones son:

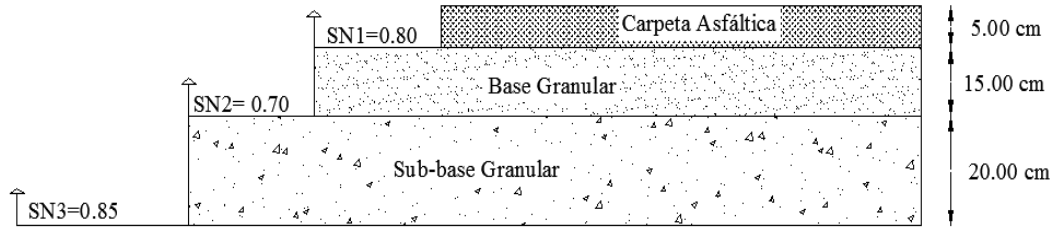


Figura 58: Espesor de las capas de pavimento diseñado con CBR de correlaciones

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

De acuerdo al diseño propuesto se alcanza un número estructural de 2.35, mismo que satisface el SN requerido:

$$SN1 + SN2 + SN3 \geq SN \text{ Subrasante}$$

$$0.80 + 0.70 + 0.85 \geq 2.25$$

$$2.35 \geq 2.25 \rightarrow SN \text{ Si Cumple}$$

Tabla 54: Propuesta de espesores de la estructura del pavimento.

Espesores Propuestos		
Estructura Pavimento	Espesor (cm)	SN
Carpeta Asfáltica	5.00	0.80
Base Granular	15.00	0.70
Subbase granular	20.00	0.85
Espesor Total	40.0	2.35

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Verificando que la sumatoria de los números estructurales calculados de las diferentes capas del pavimento es superior al número estructural requerido de la subrasante, se puede indicar que el diseño preliminar propuesto es correcto.

Tabla 55: Resumen de diseños de pavimento

	Laboratorio	Correlaciones
CBR	25.85 %	24.25 %
TPDA	703	703
W18	439169.82	439169.82
Mr	14310.5 psi	14034.1 psi
SN Requerido	2.24	2.25
Carpeta Asfáltica	5.50 cm	5.00 cm
Base	15.00 cm	15.00 cm
Sub-base	20.00 cm	20.00 cm
SN calculado	2.43	2.35

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

3.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Una vez finalizado el análisis de la investigación, en base a 22 correlaciones desarrolladas, las mismas que tiene un coeficiente de correlación R^2 que varía entre 0.53 y 0.97.

Hipótesis Alternativa (Ha)

Ha: Se logrará determinar varias correlaciones entre CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en los suelos de la Parroquia Huambaló, del cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua, con coeficientes de determinación que superen el 50% para poder ser consideradas como aceptables.

Hipótesis Nula (Ho)

Ho: No se logrará determinar varias correlaciones entre CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en los suelos de la Parroquia Huambaló, del cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua, con coeficientes de determinación que superen el 50% para poder ser consideradas como aceptables.

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

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Se determinó las propiedades índice y mecánicas del suelo existentes en la parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua presentados en las tablas N.º 30 y 31, teniendo como resultado de las propiedades índice del suelo: la densidad húmeda con un rango entre 1.516 gr/cm³ y 2.093 gr/cm³, la densidad seca va de 1.299 gr/cm³ hasta 1.720 gr/cm³, una relación de vacíos que oscila entre 0.48 % a 0.97%, la humedad natural tiene valores que van desde 8.47% a 23.28%, en el ensayo de gravedad específica una gran parte de muestras proyectaron valores de entre 2.47 a 2.75, con dichos resultados se concluye que en la parroquia Huambaló se presenta principalmente suelos friccionantes.
- Se estableció que las muestras analizadas tienen un IP que oscila entre 0-61% hasta 1.96%, obteniendo un promedio de 1.39 %, al ser valores menores a 7 significa que los suelos presentan baja plasticidad reiterando así que se tratan de suelos friccionantes.
- Se determinó mediante el ensayo Proctor modificado tipo B que las densidades alcanzaron valores desde 1.489 gr/cm³ hasta 1.860 gr/cm³, con humedades óptimas que van de 11.35% hasta 17.5%, consideradas como bajas propias de suelos friccionantes, posterior a ello con estos datos se realizó el ensayo CBR, obteniendo un promedio de 23.93 % valor que indica que es un suelo calificado como bueno y apto para ser usado como subrasante.
- Se realizó el ensayo del Penetrómetro Cónico Dinámico con el que se obtuvo un rango de 18.03 mm/golpe hasta 49.86 mm/golpe, dando un promedio del índice de penetración de 30.68 mm/golpe mismo que considera un suelo con alta resistencia a la penetración.

- Se obtuvieron 22 correlaciones con coeficientes de determinación aceptables mayores a 50% que van desde 53.80% hasta un 97%, al menos el 70% de ellas tiene un coeficiente R^2 calificado como bueno, considerando que en cada gráfica las variables analizadas se ajustaron a distintos tipos de ecuaciones, mayormente de tipo polinómica.
- Se diseñó el pavimento para la vía que conecta el Centro de Huambaló y la Florida Alto, con un CBR obtenido en laboratorio de 25.85% y se determinó mediante correlaciones un CBR de 24.25%, teniendo como resultado espesores idénticos de las capas del pavimento, para los dos datos de CBR, por tanto, es de gran utilidad la aplicación de las correlaciones.
- Mediante el ensayo de granulometría se obtuvieron los promedios de los porcentajes de acuerdo a su contenido: 6.91% Finos, 81.30% Arena y 11.79% Gravas, sabiendo esto se puede indicar que el suelo está compuesto en su mayoría de Arena y gravas, es decir suelos friccionantes.
- Acorde a la clasificación de la AASHTO, se determinó que 10 muestras pertenecen al grupo A-1-b, suelos cuyos principales constituyentes son gravas y arenas, mientras que las 2 muestras restantes entran en el grupo A-2-4, que son grava y arena limo arcillosa.
- De acuerdo a la clasificación de la SUCS, se determinó que 2 muestras pertenecen al tipo SC, cuyo contenido es arena con presencia de arcilla inorgánica, las 10 muestras sobrantes pertenecen al grupo SP que representan arenas mal graduadas con poco o sin fino, ambos grupos al corresponder a arenas tienen baja plasticidad.
- La investigación realizada en la parroquia Huambaló del cantón San Pedro de Pelileo aporta a la ampliación de la base de datos existente de relaciones entre CBR y propiedades índice y mecánicas de suelos a nivel parroquial, cantonal y provincial.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir cada una de las guías establecidas por las normas de acuerdo al tipo de ensayo que se vaya a realizar, sean estos de campo o laboratorio con el fin de obtener valores verídicos y evitar resultados errados.
- 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.
- Para el uso de las correlaciones entre el CBR y propiedades índice y mecánicas establecidas en el presente trabajo, se deberá tener en cuenta el tipo de suelo, clasificación y características que sean similares al suelo estudiado, para obtener resultados eficaces.
- Se debe ampliar la base de datos existente acerca de correlaciones entre CBR y propiedades índice y mecánicas de suelos granulares, con el fin de optimizar tiempo y contribuir en el desarrollo parroquial, cantonal y provincial.
- Utilizar las fórmulas y ábacos propuestos en el Manual de Diseño de Pavimento AASHTO – 93, de forma correcta y precisa, para llegar a tener un diseño de los espesores de cada capa de la estructura del pavimento correctos y no sobredimensionados.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. Calderon y R. Zeas, «"DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LOS ÍNDICES DCP IN SITU Y CBR DE LABORATORIO",» Universidad de Cuenca, Cuenca, 2017.
- [2] P. Cruz, «Correlación número de golpes DCP vs penetración CBR in situ para resistencia al esfuerzo normal de pavimentos urbanos, Lambayeque.,» Creative Commons, Chiclyo-Perú, 2019.
- [3] S. Eimar y W. Rivera, «Correlacion del CBR con la resistencia a la compresion inconfinada,» *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 29, nº 1, pp. 139-142, 2019.
- [4] J. Wilches y E. Contreras, «Datos de caracterización de suelos de subrasante, para correlación de variables geotécnicas en vías urbanas del norte de Colombia,» Creative Commons, Bogota, 2017.
- [5] Ministerio de Transporte y Obras Públicas, «Procedimientos para proyectos viales,» *NEVI-12*, vol. 1, nº 1, pp. 4-6, 2013.
- [6] W. Araujo, «Ecuaciones de correlación de CBR con propiedades índice de suelos para la ciudad de Piura,» UNP, Piura, 2014.
- [7] B. Juarez y R. Rico, *Mecánica de Suelos. Fundamentos de la Mecánica de Suelos.*, México: Limusa Noriega Editores, 2005.
- [8] G. Duque y E. Escobar, *Mecánica de Suelos I*, Manizales: Cedic, 2002.
- [9] F. Moreira, «Terrenos de Fundación para pavimentos,» Ambato, 2018.
- [10] V. Crespo, *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*, Monterrey: Limusa, 2004.
- [11] J. Bowles, *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil*, Bogotá: McGRAW-HILL, 1981.
- [12] F. Villalobos, «Mecanica de Suelos,» *Obras y Proyectos de Ingeniería Civil*, vol. 2, nº 1, pp. 20-24, 2014.
- [13] D. Braja M, *Fundamentos de Ingeniería Geotecnica*, México: Cengage Learning, 2013.
- [14] m. Delgado V, «Ingeniería de Cimentaciones,» Alfa Omega Editorial, Mexico, 1998.
- [15] W. Gamboa, «Fundamentos de Ingeniería Geotécnica,» SM Mexico, Mexico, 2012.

- [16] W. Rodríguez S, «Propiedades Índice de los Suelos,» REHABEND, Lambayaquen, 2008.
- [17] G. Aguilar, Manual Práctico de Mecánica de Suelos, Babahoyo: ITSEE, 2012.
- [18] EXPERIMENTAL, DIRECCIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA, «Mecanica de Suelos,» MXEDIT, Tamaolipas, 2002.
- [19] J. Saborio, Compactación de Suelos, Guadalajara: LAOR, 2001.
- [20] C. Esparza, «Compactación con Proctor Estándar (AASHTO T99-01 y ASTM D698),» UTPL, Loja, 2009.
- [21] C. Esparza, «Compactación con Proctor Modificado (AASHTO T180-01 y ASTM D1557),» Loja, UTPL, 2009.
- [22] M. Aragundi y D. Carla, «Estudio para determinar la capacidad portante del suelo como parámetro geotécnico, aplicando el ensayo de cono dinámico de penetración (DCP), en los terrenos aledaños a la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas,» *RIEMAT*, vol. 4, n° 2, pp. 40-45, 2019.
- [23] F. Viscarra, «EL CONO DINÁMICO DE PENETRACIÓN Y SU APLICACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE SUELOS,» icivil, Bolivia, 2005.
- [24] UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN, Diseño de Pavimentos, Medellin: RWitd, 2004.
- [25] M. Becerra, Tópicos de Pavimentos de Concreto, Lima: Flujo Libre, 2012.
- [26] MOP, NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS, Quito: Mtop, 2003.
- [27] AASHTO, «Diseño de Pavimentos Método AASHTO 93,» Des.Proced, 2006.
- [28] M. Triola, Estadística, vol. 12, México: Pearson, 2015.
- [29] L. Stephens y M. Spiegel, Estadística de Schaum, México: McGrawHill, 2009.
- [30] GADPR Huambaló, «Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia rural Huambaló,» Pelileo, 2020.


ANEXOS

A. ENSAYOS

B. CONTEO VEHICULAR

A. ENSAYOS

Tabla 56: Contenido de Humedad – muestra 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 			
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela		
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.		
UBICACIÓN:	Huambaló Centro	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez
FECHA:	17/02/2022	NORMA:	AASHTO T 191 2014
ID. MUESTRA:	1		
Nº Recipiente		A	B
Peso Recipiente (gr)		32.50	33.00
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)		272.00	312.00
Peso suelo seco + recipiente (gr)		251.25	287.95
Peso de agua W_w (gr)		20.75	24.05
Peso suelo seco W_s (gr)		218.75	254.95
Contenido de humedad (W%)		9.49%	9.43%
W Promedio (%)		9.23%	



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 57: Contenido de Humedad – muestra 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 				
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACIÓN:	La Florida Bajo	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	17/02/2022			
ID. MUESTRA:	2	NORMA:	AASHTO T 191 2014	
N° Recipiente		A	B	C
Peso Recipiente (gr)		33.00	30.79	33.20
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)		111.92	95.79	102.56
Peso suelo seco + recipiente (gr)		105.77	90.74	97.10
Peso de agua W_w (gr)		6.15	5.05	5.46
Peso suelo seco W_s (gr)		72.77	59.95	63.90
Contenido de humedad (W%)		8.45%	8.42%	8.54%
W Promedio (%)		8.47%		



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 58: Contenido de Humedad – muestra 3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 			
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela		
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.		
UBICACIÓN:	La Florida Alto	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez
FECHA:	17/02/2022	NORMA:	AASHTO T 191 2014
ID. MUESTRA:	3		
N° Recipiente	A	B	C
Peso Recipiente (gr)	24.17	26.63	32.87
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)	78.82	83.64	81.26
Peso suelo seco + recipiente (gr)	73.35	77.96	76.23
Peso de agua W_w (gr)	5.47	5.68	5.03
Peso suelo seco W_s (gr)	49.18	51.33	43.36
Contenido de humedad (W%)	11.12%	11.07%	11.60%
W Promedio (%)	11.26%		



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 59: Contenido de Humedad – muestra 4

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 				
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACIÓN:	San Francisco	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	17/02/2022			
ID. MUESTRA:	4	NORMA:	AASHTO T 191 2014	
N° Recipiente		A	B	C
Peso Recipiente (gr)		31.61	33.44	32.50
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)		150.49	145.78	138.56
Peso suelo seco + recipiente (gr)		127.89	124.70	118.54
Peso de agua Ww (gr)		22.60	21.08	20.02
Peso suelo seco Ws (gr)		96.28	91.26	86.04
Contenido de humedad (W%)		23.47%	23.10%	23.27%
W Promedio (%)		23.28%		



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 60: Contenido de Humedad – muestra 5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 				
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACIÓN:	Huambaló Centro	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	17/02/2022			
ID. MUESTRA:	5	NORMA:	AASHTO T 191 2014	
N° Recipiente		A	B	C
Peso Recipiente (gr)		5.75	5.80	10.00
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)		71.20	73.50	77.31
Peso suelo seco + recipiente (gr)		62.34	64.98	68.50
Peso de agua W_w (gr)		8.86	8.52	8.81
Peso suelo seco W_s (gr)		56.59	59.18	58.50
Contenido de humedad (W%)		15.66%	14.40%	15.06%
W Promedio (%)		15.04%		

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 61: Contenido de Humedad – muestra 6

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 				
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACIÓN:	Huambaló Centro	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	17/02/2022			
ID. MUESTRA:	6	NORMA:	AASHTO T 191 2014	
N° Recipiente		A	B	C
Peso Recipiente (gr)		33.00	31.10	33.10
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)		73.80	72.50	72.20
Peso suelo seco + recipiente (gr)		66.90	65.12	65.90
Peso de agua W_w (gr)		6.90	7.38	6.30
Peso suelo seco W_s (gr)		33.90	34.02	32.80
Contenido de humedad (W%)		20.35%	21.69%	19.21%
W Promedio (%)		20.42%		

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 62: Contenido de Humedad – muestra 7

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 				
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACIÓN:	San Antonio	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	18/02/2022			
ID. MUESTRA:	7	NORMA:	AASHTO T 191 2014	
N° Recipiente		A	B	C
Peso Recipiente (gr)		32.20	33.00	31.10
Peso suelo humedo + recipiente (gr)		195.20	178.40	186.71
Peso suelo seco + recipiente (gr)		173.10	159.21	167.18
Peso de agua Ww (gr)		22.10	19.19	19.53
Peso suelo seco Ws (gr)		140.90	126.21	136.08
Contenido de humedad (W%)		15.68%	15.20%	14.35%
W Promedio (%)		15.08%		

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 63: Contenido de Humedad – muestra 8

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 				
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACIÓN:	San José	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	18/02/2022			
ID. MUESTRA:	8	NORMA:	AASHTO T 191 2014	
N° Recipiente		A	B	C
Peso Recipiente (gr)		39.00	41.10	38.50
Peso suelo humedo + recipiente (gr)		398.60	367.20	389.50
Peso suelo seco + recipiente (gr)		338.70	315.40	334.00
Peso de agua Ww (gr)		59.90	51.80	55.50
Peso suelo seco Ws (gr)		299.70	274.30	295.50
Contenido de humedad (W%)		19.99%	18.88%	18.78%
W Promedio (%)		19.22%		



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 64: Contenido de Humedad – muestra 9

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 				
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACIÓN:	Surangay	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	18/02/2022			
ID. MUESTRA:	9	NORMA:	AASHTO T 191 2014	
N° Recipiente		A	B	C
Peso Recipiente (gr)		33.00	33.10	33.30
Peso suelo humedo + recipiente (gr)		62.70	69.40	68.78
Peso suelo seco + recipiente (gr)		58.40	64.09	63.60
Peso de agua Ww (gr)		4.30	5.31	5.18
Peso suelo seco Ws (gr)		25.40	30.99	30.30
Contenido de humedad (W%)		16.93%	17.13%	17.10%
W Promedio (%)		17.05%		



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 65: Contenido de Humedad – muestra 10

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 				
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACIÓN:	La Merced	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	18/02/2022			
ID. MUESTRA:	10	NORMA:	AASHTO T 191 2014	
N° Recipiente		A	B	C
Peso Recipiente (gr)		32.35	32.28	30.80
Peso suelo humedo + recipiente (gr)		127.75	128.65	117.65
Peso suelo seco + recipiente (gr)		110.89	111.90	103.18
Peso de agua Ww (gr)		16.86	16.75	14.47
Peso suelo seco Ws (gr)		78.54	79.62	72.38
Contenido de humedad (W%)		21.47%	21.04%	19.99%
W Promedio (%)		20.83%		



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 66: Contenido de Humedad – muestra 11

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 				
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACIÓN:	Segovia Centro	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	18/02/2022			
ID. MUESTRA:	11	NORMA:	AASHTO T 191 2014	
N° Recipiente		A	B	C
Peso Recipiente (gr)		32.90	32.30	33.50
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)		169.30	165.00	149.55
Peso suelo seco + recipiente (gr)		151.60	147.58	134.21
Peso de agua W_w (gr)		17.70	17.42	15.34
Peso suelo seco W_s (gr)		118.70	115.28	100.71
Contenido de humedad (W%)		14.91%	15.11%	15.23%
W Promedio (%)		15.08%		



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 67: Contenido de Humedad – muestra 12

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 				
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACIÓN:	Segovia Alto	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	18/02/2022			
ID. MUESTRA:	12	NORMA:	AASHTO T 191 2014	
N° Recipiente		A	B	C
Peso Recipiente (gr)		32.90	32.30	33.50
Peso suelo humedo + recipiente (gr)		161.10	140.60	120.30
Peso suelo seco + recipiente (gr)		149.46	130.52	112.41
Peso de agua Ww (gr)		11.64	10.08	7.89
Peso suelo seco Ws (gr)		116.56	98.22	78.91
Contenido de humedad (W%)		9.99%	10.26%	10.00%
W Promedio (%)		10.08%		



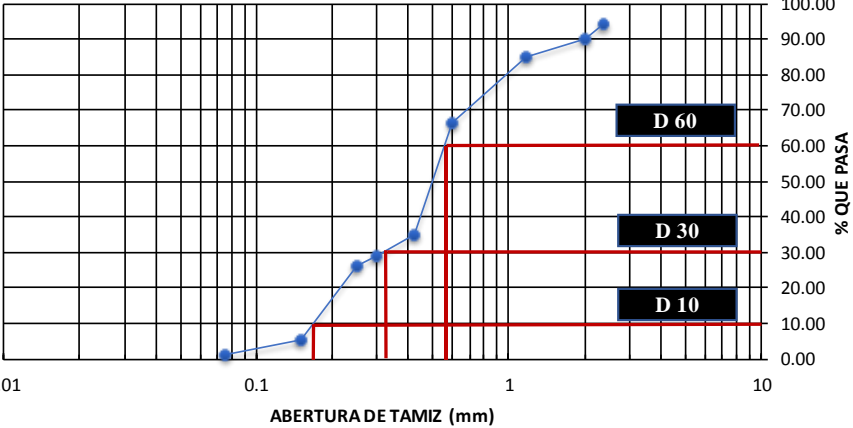
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 68: Granulometría del suelo – muestra 1

 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL GRANULOMETRIA DEL SUELO					
NORMAS:		ASTM: D421-58 D-422-63 AASHTO: 7-87-70 7-88-70			
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela				
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
UBICACION:	Huambaló Centro			REVISADO POR:	
PESO MUESTRA:	1000 gr	FECHA:	21-feb-22	Ing. Mg. Lorena Pérez	
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.74	11.0	11.0	1.10	98.90
8	2.36	18.9	29.9	2.99	97.01
10	2	8.1	38.0	3.80	96.20
16	1.18	31.4	69.4	6.94	93.06
30	0.6	83.2	152.6	15.26	84.74
40	0.425	82.6	235.2	23.52	76.48
50	0.3	90.4	325.5	32.56	67.44
60	0.25	47.9	373.5	37.36	62.64
100	0.15	188.3	561.8	56.19	43.81
200	0.075	254.8	816.5	81.67	18.33
BANDEJA		183.2	999.7	100.00	
RESULTADOS					
TNM	2	Cu	4.00	Error Permitido	1.00%
D10	0.06				
D30	0.11				
D60	0.24	Cc	0.84	Error Calculado	0.03%
		Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)	
SUCS		0	81.67	18.33	
AASHTO		3.80	77.87	18.33	
<p style="text-align: center;">Curva de Distribución Granulométrica</p>					



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 69: Granulometría del suelo – muestra 2

 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL GRANULOMETRIA DEL SUELO					
REALIZADO POR:		Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:		Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACION:		La Florida Alto		REVISADO POR:	
PESO MUESTRA:		1000 gr	FECHA:	21-feb-22	Ing. Mg. Lorena Pérez
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.74	17.2	17.2	1.72	98.28
8	2.36	40.6	57.7	5.80	94.20
10	2	40.9	98.6	9.91	90.09
16	1.18	49.3	148.0	14.86	85.14
30	0.6	187.0	335.0	33.64	66.36
40	0.425	314.1	649.1	65.19	34.81
50	0.3	58.1	707.2	71.03	28.97
60	0.25	29.6	736.8	74.00	26.00
100	0.15	204.5	941.3	94.54	5.46
200	0.075	42.2	983.5	98.78	1.22
BANDEJA		12.2	995.7	100.00	
RESULTADOS					
TNM	2.36	Cu	3.41	Error Permitido	1.00%
D10	0.17				
D30	0.34				
D60	0.58	Cc	1.17	Error Calculado	0.43%
		Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)	
SUCS		0	98.78	1.22	
AASHTO		9.91	88.87	1.22	
Curva de Distribución Granulométrica					
					

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 70: Granulometría del suelo – muestra 3



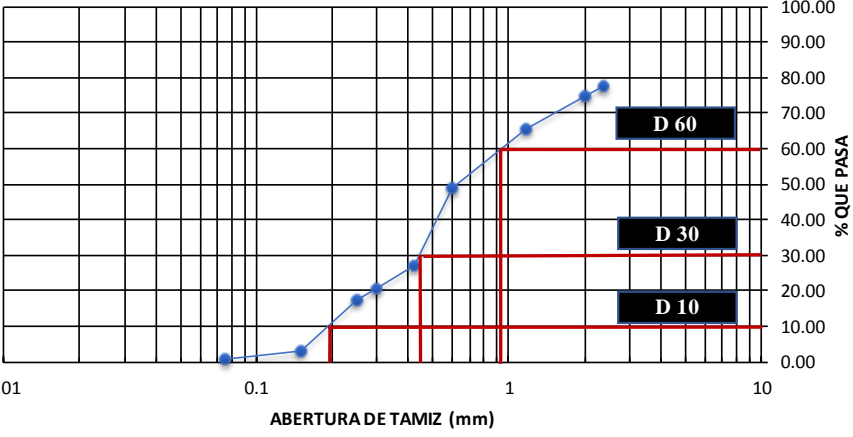
 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL GRANULOMETRIA DEL SUELO					
REALIZADO POR:		Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:		Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACION:		La Florida Bajo		REVISADO POR:	
PESO MUESTRA:		1000 gr	FECHA:	21-feb-22	Ing. Mg. Lorena Pérez
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.74	102.5	102.5	10.25	89.75
8	2.36	86.3	188.8	18.88	81.12
10	2	37.1	225.9	22.59	77.41
16	1.18	76.6	302.5	30.25	69.75
30	0.6	176.9	479.4	47.94	52.06
40	0.425	89.6	568.9	56.90	43.10
50	0.3	59.6	628.5	62.86	37.14
60	0.25	120.3	748.8	74.89	25.11
100	0.15	223.6	972.4	97.24	2.76
200	0.075	22.5	994.8	99.49	0.51
BANDEJA		5.1	999.9	100.00	
RESULTADOS					
TNM	4.74	Cu	4.67	Error Permitido	1.00%
D10	0.18				
D30	0.28				
D60	0.84	Cc	0.52	Error Calculado	0.01%
		Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)	
SUCS		0	99.49	0.51	
AASHTO		22.59	76.90	0.51	

Curva de Distribución Granulométrica

The graph plots the percentage of soil passing through various sieve sizes. The x-axis represents sieve size in millimeters on a logarithmic scale from 0.01 to 10. The y-axis represents the percentage of soil that passes, from 0.00 to 100.00. The curve shows a typical gradation for a granular soil, with most of the material between 0.1 mm and 1 mm.



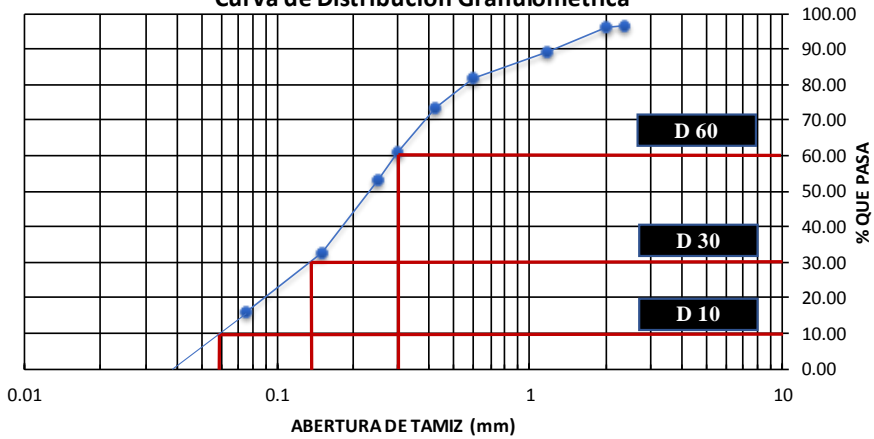
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 71: Granulometría del suelo – muestra 4

		UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL GRANULOMETRIA DEL SUELO			
		NORMAS: ASTM: D421-58 D-422-63 AASHTO: 7-87-70 7-88-70			
REALIZADO POR:		Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:		Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACION:		San Francisco		REVISADO POR:	
PESO MUESTRA:		1000 gr	FECHA:	21-feb-22	Ing. Mg. Lorena Pérez
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUEPASA
4	4.74	164.7	164.7	16.49	83.51
8	2.36	58.2	222.8	22.31	77.69
10	2	30.1	252.9	25.32	74.68
16	1.18	92.8	345.8	34.61	65.39
30	0.6	163.0	508.8	50.93	49.07
40	0.425	218.3	727.1	72.79	27.21
50	0.3	64.1	791.1	79.20	20.80
60	0.25	33.3	824.4	82.54	17.46
100	0.15	144.0	968.4	96.95	3.05
200	0.075	25.2	993.6	99.47	0.53
BANDEJA		5.3	998.9	100.00	
RESULTADOS					
TNM	4.74	Cu	4.60	Error Permitido	1.00%
D10	0.2				
D30	0.45	Cc	1.10	Error Calculado	0.11%
D60	0.92				
		Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)	
SUCS		0	99.47	0.53	
AASHTO		25.32	74.15	0.53	
Curva de Distribución Granulométrica					
					



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 72: Granulometría del suelo – muestra 5

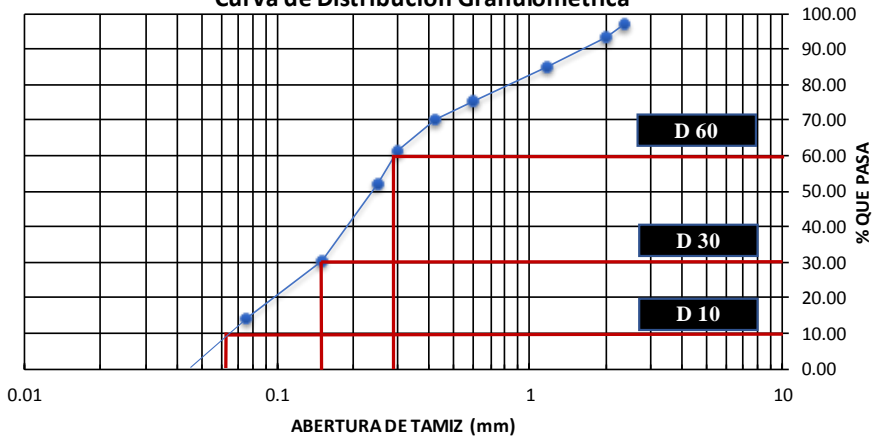
 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL GRANULOMETRIA DEL SUELO					
NORMAS:		ASTM: D421-58 D-422-63 AASHTO: 7-87-70 7-88-70			
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela				
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
UBICACION:	Huambaló Centro		REVISADO POR:		
PESO MUESTRA:	1000 gr	FECHA:	21-feb-22 Ing. Mg. Lorena Pérez		
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUEPASA
4	4.74	15.3	15.3	1.53	98.47
8	2.36	17.6	32.9	3.29	96.71
10	2	6.5	39.4	3.94	96.06
16	1.18	69.5	108.9	10.90	89.10
30	0.6	74.2	183.1	18.32	81.68
40	0.425	82.4	265.5	26.56	73.44
50	0.3	125.4	390.9	39.11	60.89
60	0.25	76.8	467.7	46.79	53.21
100	0.15	204.1	671.8	67.21	32.79
200	0.075	165.8	837.6	83.80	16.20
BANDEJA		161.9	999.5	100.00	
RESULTADOS					
TNM	2	Cu	5.00	Error Permitido	1.00%
D10	0.06				
D30	0.14	Cc	1.09	Error Calculado	0.05%
D60	0.30				
		Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)	
SUCS		0	83.80	16.20	
AASHTO		3.94	79.86	16.20	
<p style="text-align: center;">Curva de Distribución Granulométrica</p> 					

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 73: Granulometría del suelo – muestra 6



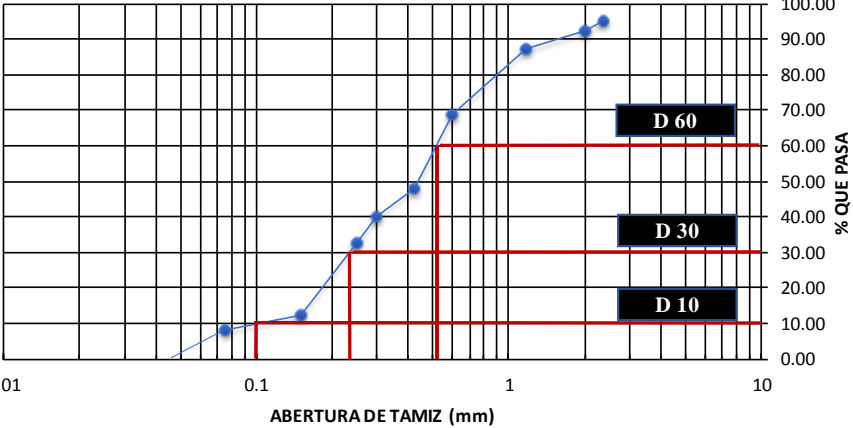
 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL GRANULOMETRIA DEL SUELO					
NORMAS:		ASTM: D421-58 D-422-63 AASHTO: 7-87-70 7-88-70			
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela				
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
UBICACION:	Huambaló Centro		REVISADO POR:		
PESO MUESTRA:	1000 gr	FECHA:	21-feb-22		
			Ing. Mg. Lorena Pérez		
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUEPASA
4	4.74	10.3	10.3	1.03	98.97
8	2.36	20.4	30.6	3.06	96.94
10	2	35.0	65.6	6.56	93.44
16	1.18	86.4	152.0	15.20	84.80
30	0.6	96.1	248.1	24.81	75.19
40	0.425	52.3	300.4	30.04	69.96
50	0.3	85.0	385.4	38.55	61.45
60	0.25	94.0	479.4	47.95	52.05
100	0.15	215.5	694.9	69.50	30.50
200	0.075	165.8	860.7	86.08	13.92
BANDEJA		139.2	999.9	100.00	
RESULTADOS					
TNM	2.36	Cu	4.68	Error Permitido	1.00%
D10	0.062				
D30	0.16	Cc	1.42	Error Calculado	0.01%
D60	0.29				
		Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)	
SUCS		0	86.08	13.92	
AASHTO		6.56	79.52	13.92	

Curva de Distribución Granulométrica





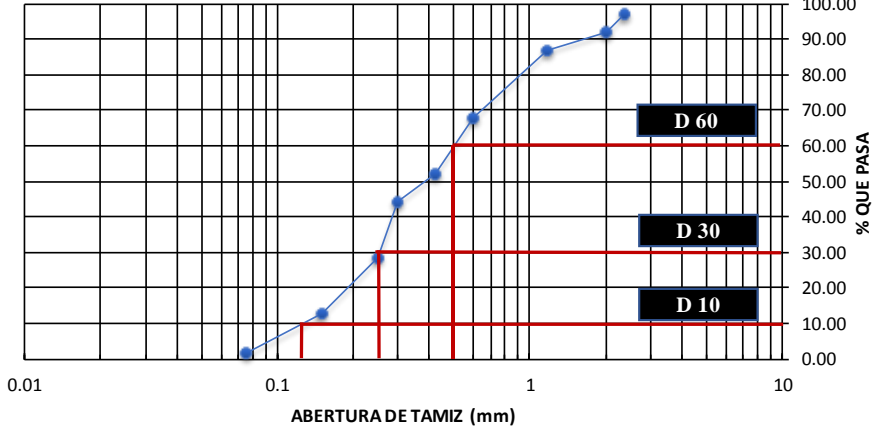
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 74: Granulometría del suelo – muestra 7

 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL GRANULOMETRIA DEL SUELO					
REALIZADO POR:		Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:		Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACION:		San Antonio		REVISADO POR:	
PESO MUESTRA:		1000 gr	FECHA:	22-feb-22	Ing. Mg. Lorena Pérez
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.74	13.1	13.1	1.31	98.69
8	2.36	36.6	49.7	4.97	95.03
10	2	27.5	77.2	7.73	92.27
16	1.18	50.0	127.2	12.73	87.27
30	0.6	187.0	314.2	31.44	68.56
40	0.425	204.8	519.0	51.94	48.06
50	0.3	78.5	597.5	59.79	40.21
60	0.25	74.1	671.6	67.21	32.79
100	0.15	203.5	875.1	87.57	12.43
200	0.075	42.2	917.3	91.79	8.21
BANDEJA		82.0	999.3	100.00	
RESULTADOS					
TNM	2.36	Cu	5.20	Error Permitido	1.00%
D10	0.1				
D30	0.24				
D60	0.52	Cc	1.11	Error Calculado	0.07%
		Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)	
SUCS		0	91.79	8.21	
AASHTO		7.73	84.07	8.21	
<p style="text-align: center;">Curva de Distribución Granulométrica</p> 					



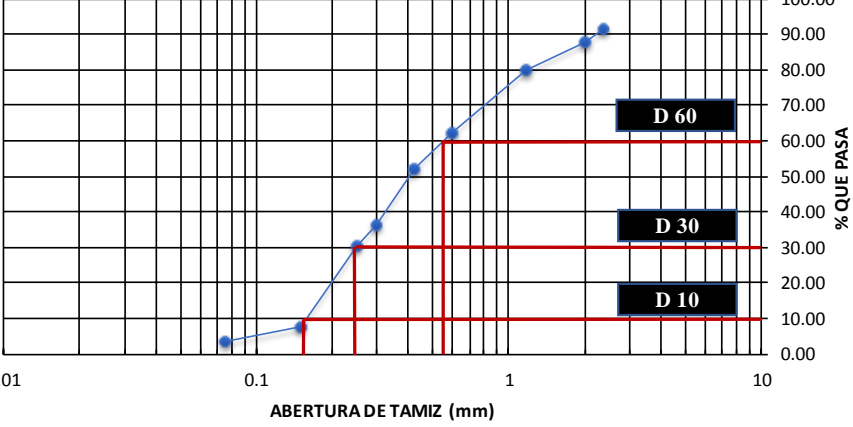
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 75: Granulometría del suelo – muestra 8

 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL GRANULOMETRIA DEL SUELO					
REALIZADO POR:		Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:		Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACION:		San José		REVISADO POR:	
PESO MUESTRA:		1000 gr	FECHA:	22-feb-22	Ing. Mg. Lorena Pérez
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.74	8.6	8.6	0.86	99.14
8	2.36	23.6	32.2	3.22	96.78
10	2	49.6	81.8	8.18	91.82
16	1.18	52.4	134.2	13.42	86.58
30	0.6	187.0	321.2	32.12	67.88
40	0.425	156.4	477.6	47.76	52.24
50	0.3	80.2	557.8	55.78	44.22
60	0.25	156.8	714.6	71.46	28.54
100	0.15	159.0	873.6	87.36	12.64
200	0.075	111.9	985.5	98.55	1.45
BANDEJA		14.5	1000.0	100.00	
RESULTADOS					
TNM	2.36	Cu	3.85	Error Permitido	1.00%
D10	0.13				
D30	0.26				
D60	0.5	Cc	1.04	Error Calculado	0.00%
		Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)	
SUCS		0	98.55	1.45	
AASHTO		8.18	90.37	1.45	
<p style="text-align: center;">Curva de Distribución Granulométrica</p> 					



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 76: Granulometría del suelo – muestra 9

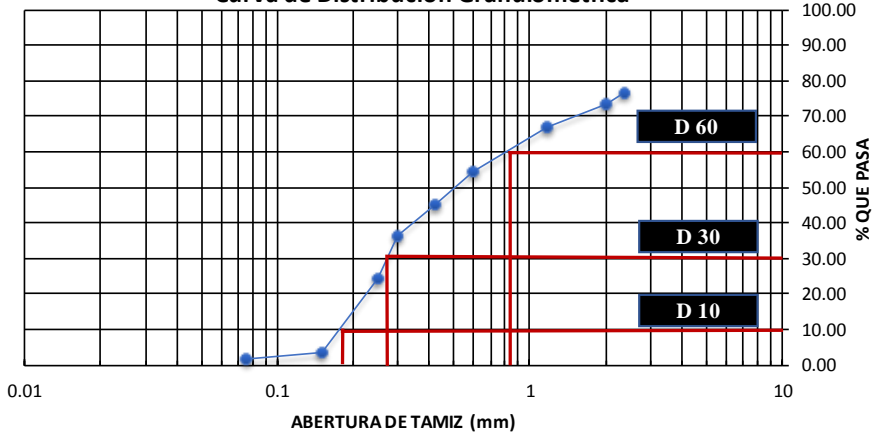
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL GRANULOMETRIA DEL SUELO </div>  </div>					
REALIZADO POR:		Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:		Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACION:		Surangay		REVISADO POR:	
PESO MUESTRA:		1000 gr	FECHA:	22-feb-22	Ing. Mg. Lorena Pérez
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.74	35.6	35.6	3.56	96.44
8	2.36	50.3	85.9	8.59	91.41
10	2	37.1	123.0	12.30	87.70
16	1.18	78.7	201.7	20.18	79.82
30	0.6	175.0	376.7	37.68	62.32
40	0.425	100.3	477.0	47.71	52.29
50	0.3	160.0	637.0	63.71	36.29
60	0.25	61.2	698.2	69.84	30.16
100	0.15	223.6	921.7	92.20	7.80
200	0.075	41.5	963.2	96.35	3.65
BANDEJA		36.5	999.7	100.00	
RESULTADOS					
TNM	4.74	Cu	3.50	Error Permitido	1.00%
D10	0.16				
D30	0.24	Cc	0.64	Error Calculado	0.03%
D60	0.56				
		Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)	
SUCS		0	96.35	3.65	
AASHTO		12.30	84.05	3.65	
Curva de Distribución Granulométrica					
					

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 77: Granulometría del suelo – muestra 10



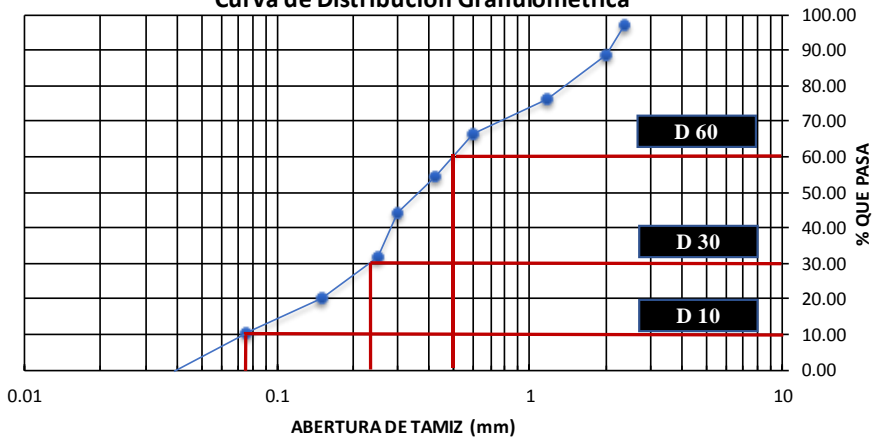
 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL GRANULOMETRIA DEL SUELO					
REALIZADO POR:		Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:		Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACION:		La Merced		REVISADO POR:	
PESO MUESTRA:		1000 gr	FECHA:	22-feb-22	Ing. Mg. Lorena Pérez
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.74	79.6	79.6	7.96	92.04
8	2.36	153.4	233.0	23.30	76.70
10	2	31.5	264.5	26.45	73.55
16	1.18	68.5	333.0	33.30	66.70
30	0.6	122.5	455.5	45.56	54.44
40	0.425	92.2	547.7	54.78	45.22
50	0.3	90.0	637.7	63.78	36.22
60	0.25	120.3	758.0	75.81	24.19
100	0.15	204.8	962.8	96.29	3.71
200	0.075	20.8	983.6	98.37	1.63
BANDEJA		16.3	999.9	100.00	
RESULTADOS					
TNM	4.74	Cu	4.42	Error Permitido	1.00%
D10	0.19				
D30	0.29				
D60	0.84	Cc	0.53	Error Calculado	0.01%
		Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)	
SUCS		0	98.37	1.63	
AASHTO		26.45	71.92	1.63	

Curva de Distribución Granulométrica





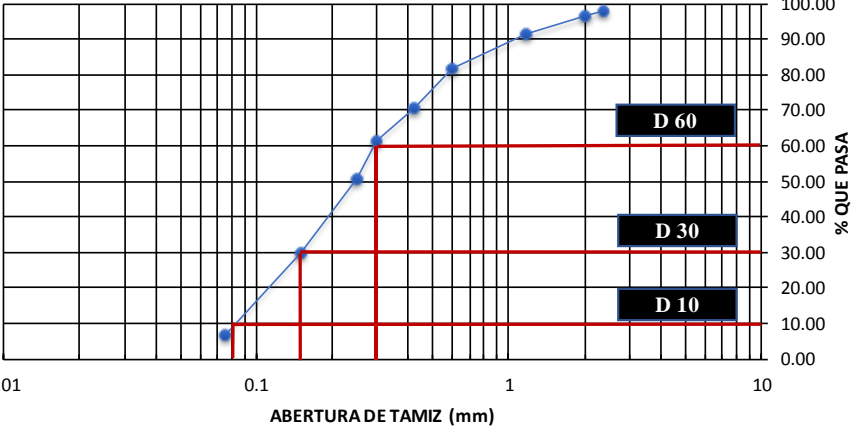
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 78: Granulometría del suelo – muestra 11

 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL GRANULOMETRIA DEL SUELO					
NORMAS:		ASTM: D421-58 D-422-63 AASHTO: 7-87-70 7-88-70			
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela				
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
UBICACION:	Segovia Centro		REVISADO POR:		
PESO MUESTRA:	1000 gr	FECHA:	22-feb-22 Ing. Mg. Lorena Pérez		
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.74	6.1	6.1	0.61	99.39
8	2.36	23.5	29.6	2.96	97.04
10	2	84.1	113.7	11.37	88.63
16	1.18	126.4	240.1	24.01	75.99
30	0.6	96.3	336.4	33.65	66.35
40	0.425	120.4	456.8	45.69	54.31
50	0.3	99.6	556.4	55.65	44.35
60	0.25	126.8	683.2	68.33	31.67
100	0.15	115.3	798.5	79.87	20.13
200	0.075	96.4	894.9	89.51	10.49
BANDEJA		104.9	999.8	100.00	
RESULTADOS					
TNM	2.36	Cu	6.67	Error Permitido	1.00%
D10	0.075				
D30	0.23				
D60	0.5	Cc	1.41	Error Calculado	0.02%
		Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)	
SUCS		0	89.51	10.49	
AASHTO		11.37	78.14	10.49	
<p style="text-align: center;">Curva de Distribución Granulométrica</p> 					



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 79: Granulometría del suelo – muestra 12

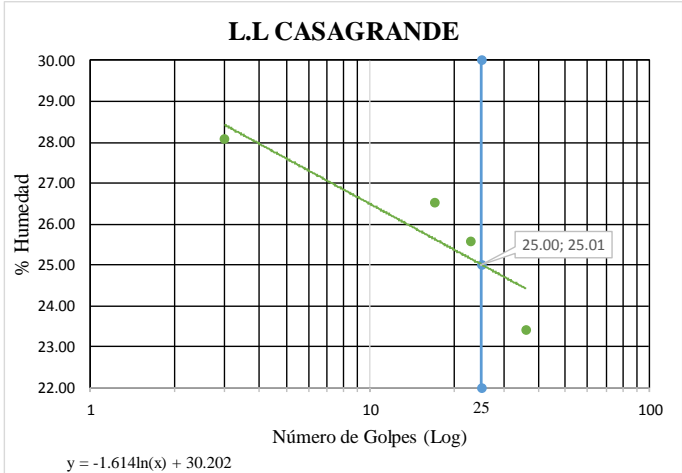
 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL GRANULOMETRIA DEL SUELO					
REALIZADO POR:		Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:		Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACION:		Segovia Alto		REVISADO POR:	
PESO MUESTRA:		1000 gr	FECHA:	22-feb-22	Ing. Mg. Lorena Pérez
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.74	9.7	9.7	0.97	99.03
8	2.36	11.2	20.9	2.09	97.91
10	2	12.3	33.2	3.32	96.68
16	1.18	53.2	86.4	8.64	91.36
30	0.6	96.3	182.7	18.27	81.73
40	0.425	110.3	293.0	29.30	70.70
50	0.3	91.2	384.2	38.42	61.58
60	0.25	108.6	492.8	49.28	50.72
100	0.15	210.3	703.1	70.32	29.68
200	0.075	228.5	931.6	93.17	6.83
BANDEJA		68.3	999.9	100.00	
RESULTADOS					
TNM	2	Cu	3.75	Error Permitido	1.00%
D10	0.08				
D30	0.16				
D60	0.3	Cc	1.07	Error Calculado	0.01%
		Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)	
SUCS		0	93.17	6.83	
AASHTO		3.32	89.85	6.83	
<p style="text-align: center;">Curva de Distribución Granulométrica</p> 					

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 80: Límite Líquido – muestra 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela							
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.							
UBICACIÓN:	Huambaló Centro			REVISADO POR:			Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	1							
FECHA:	23/02/2022			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
N° MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	10.8	10.5	11.1	11.6	16.7	11.7	11	11.4
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r)(gr)	25.1	26.9	27.1	26.2	34.2	27.2	25	32.5
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	21.8	23.5	23.9	23	30.8	23.9	22.3	28.56
PESO AGUA (W_w) (gr)	3.3	3.4	3.2	3.2	3.4	3.3	2.7	3.94
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	11	13	12.8	11.4	14.1	12.2	11.3	17.16
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	30.00	26.15	25.00	28.07	24.11	27.05	23.89	22.96
PROMEDIO W%	28.08		26.54		25.58		23.43	
NÚMERO DE GOLPES	3		17		23		36	
LÍMITE LÍQUIDO L.L. (%)	25.01							



L.L CASAGRANDE



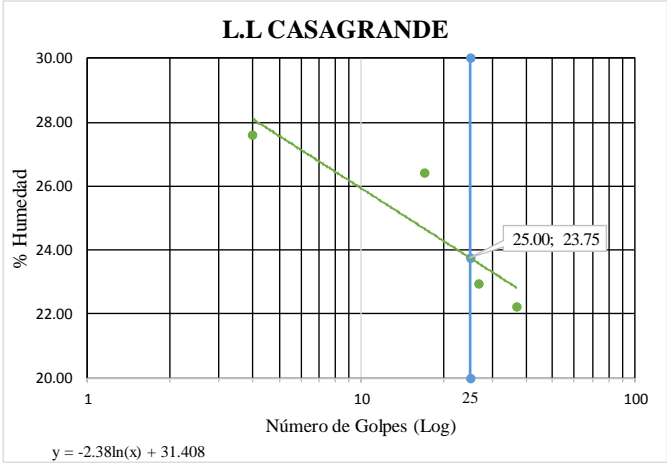
$y = -1.614\ln(x) + 30.202$

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 81: Límite Líquido – muestra 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela							
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.							
UBICACIÓN:	La Florida Centro			REVISADO POR:			Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	2			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
FECHA:	23/02/2022							
N° MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	11.3	10.8	11	10.7	10.7	10.3	12	10.3
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r)(gr)	25.7	27.1	24.7	24.8	27.3	28.2	24.3	25.6
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	22.6	23.56	21.7	22	23.9	25.2	22	22.9
PESO AGUA (W_w) (gr)	3.1	3.54	3	2.8	3.4	3	2.3	2.7
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	11.3	12.76	10.7	11.3	13.2	14.9	10	12.6
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	27.43	27.74	28.04	24.78	25.76	20.13	23.00	21.43
PROMEDIO W%	27.59		26.41		22.95		22.21	
NÚMERO DE GOLPES	4		17		27		37	
LÍMITE LÍQUIDO L.L. (%)	23.75							



L.L CASAGRANDE



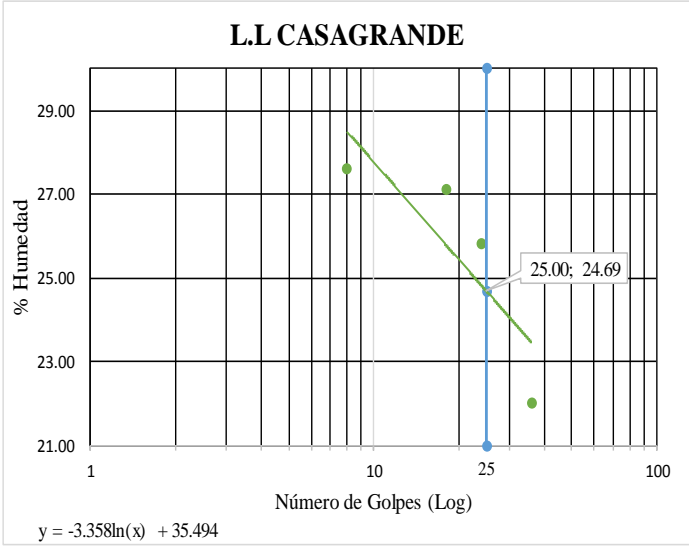
$y = -2.38\ln(x) + 31.408$

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 82: Límite Líquido – muestra 3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela							
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.							
UBICACIÓN:	La Florida Alto			REVISADO POR:			Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	3			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
FECHA:	23/02/2022			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
N° MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	11.3	11.3	11.3	17.2	10.6	11.2	11	11
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r)(gr)	28.8	31.1	27.8	32.3	25.6	22	25.9	27.1
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	25.3	26.5	24.6	28.8	22.5	19.8	23.3	24.1
PESO AGUA (W_w) (gr)	3.5	4.6	3.2	3.5	3.1	2.2	2.6	3
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	14	15.2	13.3	11.6	11.9	8.6	12.3	13.1
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	25.00	30.26	24.06	30.17	26.05	25.58	21.14	22.90
PROMEDIO W%	27.63		27.12		25.82		22.02	
NÚMERO DE GOLPES	8		18		24		36	
LÍMITE LÍQUIDO L.L (%)	24.69							



L.L CASAGRANDE



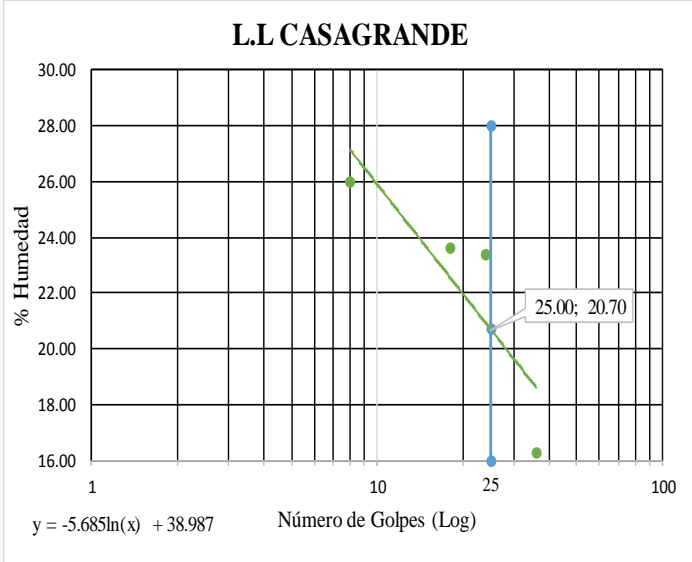
$y = -3.358\ln(x) + 35.494$

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 83: Límite Líquido – muestra 4

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela							
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.							
UBICACIÓN:	San Francisco			REVISADO POR:			Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	4			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
FECHA:	23/02/2022			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
N° MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	11.46	10.26	10.9	11.2	10.8	11.9	11.1	11.5
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r)(gr)	34.5	32.2	31.1	27.9	33.4	35.7	30.8	29.9
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	29.51	27.9	26.23	25.66	28.56	31.82	27.97	27.4
PESO AGUA (W_w) (gr)	4.99	4.3	4.87	2.24	4.84	3.88	2.83	2.5
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	18.05	17.64	15.33	14.46	17.76	19.92	16.87	15.9
CONTENIDO DE HUMEDAD $W\%$	27.65	24.38	31.77	15.49	27.25	19.48	16.78	15.72
PROMEDIO $W\%$	26.01		23.63		23.37		16.25	
NÚMERO DE GOLPES	8		18		24		36	
LÍMITE LÍQUIDO L.L. (%)	20.70							



L.L CASAGRANDE



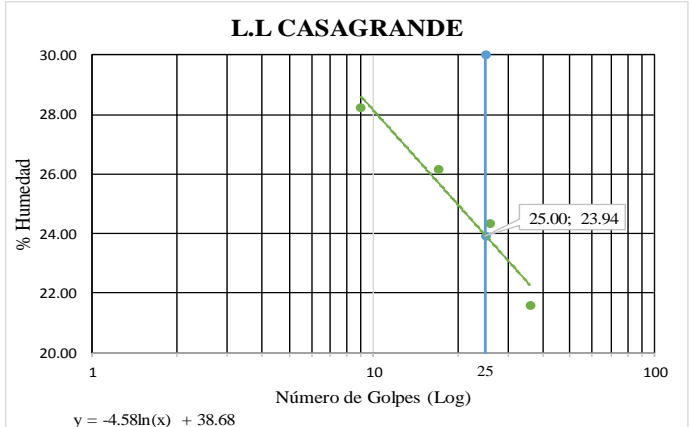
$y = -5.685\ln(x) + 38.987$

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 84. Límite Líquido – muestra 5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE									
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela								
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.								
UBICACIÓN:	Huambaló Centro					REVISADO POR:		Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	5					NORMA:		AASHTO: T- 90-70	
FECHA:	23/02/2022					NORMA:		AASHTO: T- 90-70	
N° MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H	
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	11.46	10.26	10.90	11.20	10.80	11.90	11.10	11.50	
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	33.25	34.15	28.45	27.65	33.32	34.56	29.65	30.16	
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	28.46	28.89	24.81	24.24	28.911	30.12	26.35	26.85	
PESO AGUA (W_w) (gr)	4.793	5.264	3.64	3.41	4.409	4.44	3.3	3.31	
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	16.997	18.626	13.91	13.04	18.111	18.22	15.25	15.35	
CONTENIDO DE HUMEDAD $W\%$	28.20	28.26	26.17	26.15	24.34	24.37	21.64	21.56	
PROMEDIO $W\%$	28.23		26.16		24.36		21.60		
NÚMERO DE GOLPES	9		17		26		36		
LÍMITE LÍQUIDO L.L. (%)	23.94								



L.L. CASAGRANDE



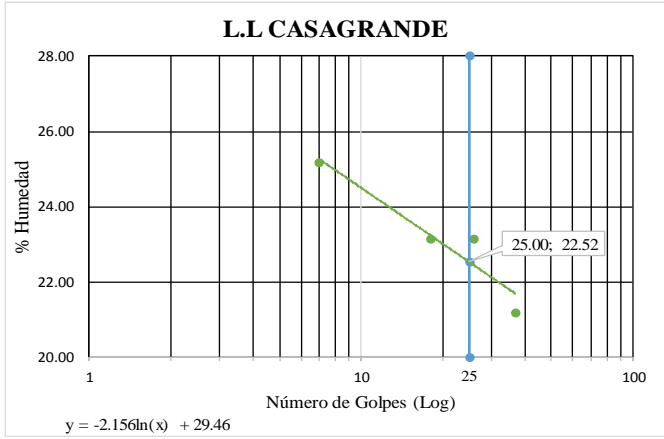
$y = -4.58\ln(x) + 38.68$

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 85: Límite Líquido – muestra 6

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE										
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela									
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.									
UBICACIÓN:	Huambaló Centro						REVISADO POR:		Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	6									
FECHA:	23/02/2022						NORMA:		AASHTO: T- 90-70	
N° MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8		
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H		
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	11.46	10.26	10.90	11.20	10.80	11.90	11.10	11.50		
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r)(gr)	32.65	33.16	28.65	29.32	35.65	34.82	29.65	30.16		
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	28.39	28.56	25.317	25.916	30.99	30.5	26.39	26.92		
PESO AGUA (W_w) (gr)	4.26	4.602	3.333	3.404	4.66	4.32	3.26	3.24		
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	16.93	18.298	14.417	14.716	20.19	18.6	15.29	15.42		
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	25.16	25.15	23.12	23.13	23.08	23.23	21.32	21.01		
PROMEDIO W%	25.16		23.12		23.15		21.17			
NÚMERO DE GOLPES	7		18		26		37			
LÍMITE LÍQUIDO L.L (%)	22.52									



L.L CASAGRANDE



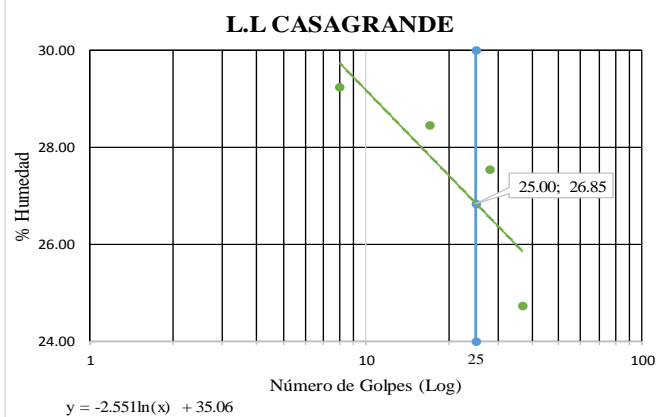
$y = -2.156\ln(x) + 29.46$

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 86: Límite Líquido – muestra 7

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela							
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.							
UBICACIÓN:	San Antonio	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez					
ID. DE MUESTRA:	7	NORMA:	AASHTO: T- 90-70					
FECHA:	24/02/2022							
N° MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	11.46	10.26	10.90	11.20	10.80	11.90	11.10	11.50
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r)(gr)	32.56	32.48	31.25	31.16	28.65	29.66	29.65	30.16
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	27.78	27.46	26.74	26.74	24.78	25.838	25.98	26.453
PESO AGUA (W_w) (gr)	4.78	5.025	4.51	4.42	3.87	3.822	3.67	3.707
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	16.32	17.195	15.84	15.54	13.98	13.938	14.88	14.953
CONTENIDO DE HUMEDAD $W\%$	29.29	29.22	28.47	28.44	27.68	27.42	24.66	24.79
PROMEDIO $W\%$	29.26		28.46		27.55		24.73	
NÚMERO DE GOLPES	8		17		28		37	
LÍMITE LÍQUIDO L.L (%)				26.85				



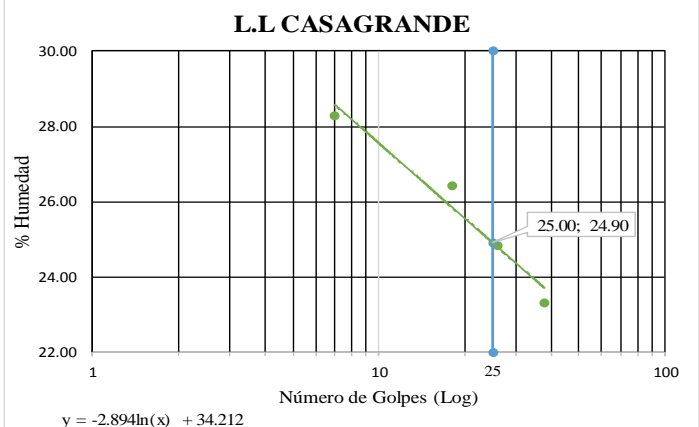
L.L. CASAGRANDE



$y = -2.551\ln(x) + 35.06$



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 87: Límite Líquido – muestra 8

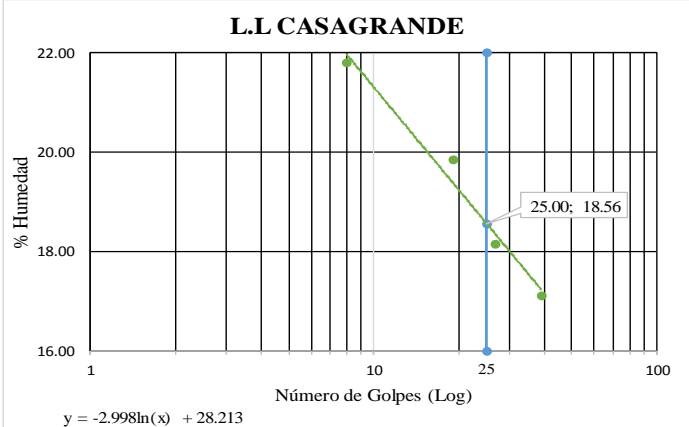
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela							
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.							
UBICACIÓN:	San José			REVISADO POR:			Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	8			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
FECHA:	24/02/2022							
N° MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	11.46	10.26	10.90	11.20	10.80	11.90	11.10	11.50
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r)(gr)	33.56	32.64	31.25	31.16	29.65	29.46	30.15	31.25
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	28.70	27.69	26.99	26.99	25.898	25.965	26.55	27.518
PESO AGUA (W_w) (gr)	4.862	4.95	4.26	4.17	3.752	3.495	3.6	3.732
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	17.238	17.43	16.09	15.79	15.098	14.065	15.45	16.018
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	28.21	28.40	26.48	26.41	24.85	24.85	23.30	23.30
PROMEDIO W%	28.30		26.44		24.85		23.30	
NÚMERO DE GOLPES	7		18		26		38	
LÍMITE LÍQUIDO L.L. (%)	24.90							
 <p style="text-align: center;">L.L. CASAGRANDE</p> <p style="text-align: center;">% Humedad</p> <p style="text-align: center;">Número de Golpes (Log)</p> <p style="text-align: center;">$y = -2.894\ln(x) + 34.212$</p>								

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 88: Límite Líquido – muestra 9

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela							
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.							
UBICACIÓN:	Surangay			REVISADO POR:			Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	9			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
FECHA:	24/02/2022							
N° MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	11.46	10.26	10.90	11.20	10.80	11.90	11.10	11.50
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	32.65	31.8	33.42	32.85	28.48	29.65	31.15	31.34
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	28.86	27.95	29.689	29.263	25.763	26.922	28.221	28.443
PESO AGUA (W_w) (gr)	3.794	3.855	3.731	3.587	2.717	2.728	2.929	2.897
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	17.396	17.685	18.789	18.063	14.963	15.022	17.121	16.943
CONTENIDO DE HUMEDAD $W\%$	21.81	21.80	19.86	19.86	18.16	18.16	17.11	17.10
PROMEDIO $W\%$	21.80		19.86		18.16		17.10	
NÚMERO DE GOLPES	8		19		27		39	
LÍMITE LÍQUIDO L.L. (%)	18.56							



L.L CASAGRANDE



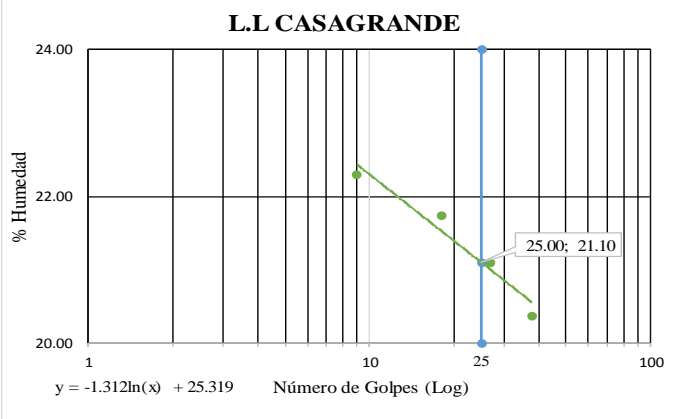
$y = -2.998\ln(x) + 28.213$

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 89: Límite Líquido – muestra 10

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE			
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela		
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.		
UBICACIÓN:	La Merced	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez
ID. DE MUESTRA:	10	NORMA:	AASHTO: T- 90-70
FECHA:	24/02/2022		
N° MUESTRA	1	2	3
N° RECIPIENTE	A	B	C
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	11.46	10.26	10.90
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r)(gr)	31.65	31.85	29.86
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	27.95	27.93	26.45
PESO AGUA (W_w) (gr)	3.7	3.918	3.41
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	16.49	17.672	15.55
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	22.44	22.17	21.93
PROMEDIO W%	22.30		21.73
NÚMERO DE GOLPES	9	18	27
LÍMITE LÍQUIDO L.L. (%)	21.10		



L.L CASAGRANDE



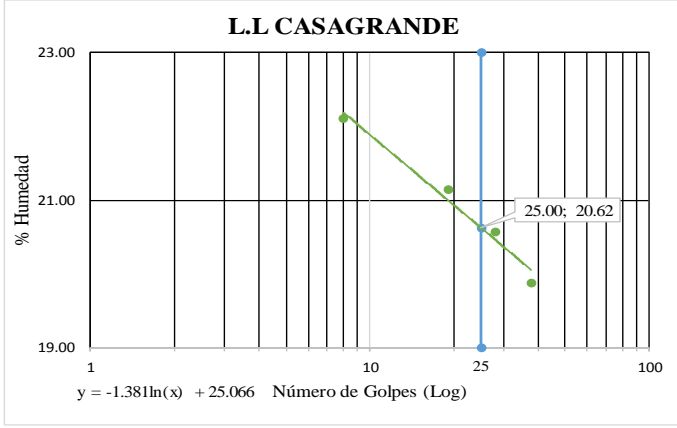
$y = -1.312\ln(x) + 25.319$ Número de Golpes (Log)

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 90: Límite Líquido – muestra 11

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela							
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.							
UBICACIÓN:	Segovia Centro	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez					
ID. DE MUESTRA:	11							
FECHA:	24/02/2022	NORMA:	AASHTO: T- 90-70					
N° MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	11.46	10.26	10.90	11.20	10.80	11.90	11.10	11.50
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r)(gr)	29.85	30.15	31.25	32.15	28.56	29.85	30.15	30.24
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	26.52	26.55	27.7	28.489	25.45	26.871	26.9	27.224
PESO AGUA (W_w) (gr)	3.33	3.6	3.55	3.661	3.11	2.979	3.25	3.016
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	15.06	16.29	16.8	17.289	14.65	14.971	15.8	15.724
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	22.11	22.10	21.13	21.18	21.23	19.90	20.57	19.18
PROMEDIO W%	22.11		21.15		20.56		19.88	
NÚMERO DE GOLPES	8		19		28		38	
LÍMITE LÍQUIDO L.L (%)				20.62				



L.L CASAGRANDE



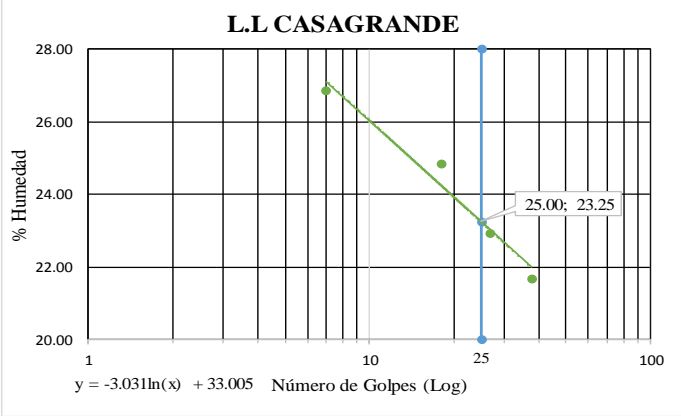
$y = -1.381\ln(x) + 25.066$ Número de Golpes (Log)

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 91: Límite Líquido – muestra 12

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE									
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela								
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.								
UBICACIÓN:	Segovia Alto					REVISADO POR:		Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	12					NORMA:		AASHTO: T- 90-70	
FECHA:	24/02/2022					NORMA:		AASHTO: T- 90-70	
N° MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H	
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	11.46	10.26	10.90	11.20	10.80	11.90	11.10	11.50	
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r)(gr)	29.54	28.65	31.25	31.42	28.45	29.56	30.62	31.06	
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	25.62	24.85	27.15	27.444	25.16	26.261	27.12	27.593	
PESO AGUA (W_w) (gr)	3.92	3.797	4.1	3.976	3.29	3.299	3.5	3.467	
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	14.16	14.593	16.25	16.244	14.36	14.361	16.02	16.093	
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	27.68	26.02	25.23	24.48	22.91	22.97	21.85	21.54	
PROMEDIO W%	26.85		24.85		22.94		21.70		
NÚMERO DE GOLPES	7		18		27		38		
LÍMITE LÍQUIDO L.L (%)	23.25								

L.L. CASAGRANDE



$y = -3.031\ln(x) + 33.005$ Número de Golpes (Log)



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 92: Límite Plástico – muestra 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela				
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
UBICACIÓN:	Huambaló Centro		REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	1				
FECHA:	25/02/2022		NORMA:	AASHTO: T- 90-70	
N° MUESTRA	1	2	3	4	5
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	10.50	4.20	7.20	4.10	4.20
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	11.30	5.20	8.60	5.00	5.20
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	11.20	5.00	8.30	4.80	5.00
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.10	0.20	0.30	0.20	0.20
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	0.70	0.80	1.10	0.70	0.80
CONTENIDO DE HUMEDAD $W\%$	14.29	25.00	27.27	28.57	25.00
PROMEDIO $W\%$	24.03				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	25.01				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	24.03				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	0.98				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-2-4				
SUCS	SC				

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 93: Límite Plástico – muestra 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela				
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
UBICACIÓN:	La Florida Bajo		REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	2		NORMA:	AASHTO: T- 90-70	
FECHA:	25/02/2022				
N° MUESTRA	1	2	3	4	5
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	10.10	10.20	7.20	10.40	5.90
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	11.80	11.90	8.60	12.00	7.10
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	11.50	11.60	8.30	11.70	6.90
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.20
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	1.40	1.40	1.10	1.30	1.00
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	21.43	21.43	27.27	23.08	20.00
PROMEDIO W%	22.64				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	23.75				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	22.64				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	1.11				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-1-b				
SUCS	SP				

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 94: Límite Plástico – muestra 3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela				
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
UBICACIÓN:	La Florida Alto		REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	3				
FECHA:	25/02/2022		NORMA:	AASHTO: T- 90-70	
N° MUESTRA	1	2	3	4	5
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	10.30	7.20	7.20	7.10	4.10
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	11.60	8.25	8.10	8.00	5.34
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	11.40	8.05	7.90	7.80	5.12
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.22
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	1.10	0.85	0.70	0.70	1.02
CONTENIDO DE HUMEDAD $W\%$	18.18	23.53	28.57	28.57	21.57
PROMEDIO $W\%$	24.08				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	24.69				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	24.08				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	0.61				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-2-4				
SUCS	SC				

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 95: Límite Plástico – muestra 4

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela				
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
UBICACIÓN:	San Francisco		REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	4				
FECHA:	25/02/2022		NORMA:	AASHTO: T- 90-70	
N° MUESTRA	1	2	3	4	5
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	10.80	11.20	11.40	11.10	11.20
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	12.00	12.30	12.50	12.20	12.40
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	11.82	12.10	12.35	12.00	12.20
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.18	0.20	0.15	0.20	0.20
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	1.02	0.90	0.95	0.90	1.00
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	17.65	22.22	15.79	22.22	20.00
PROMEDIO W %	19.58				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	20.70				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	19.58				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	1.12				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-1-b				
SUCS	SP				

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 96: Límite Plástico – muestra 5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela				
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
UBICACIÓN:	Huambaló Centro		REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	5				
FECHA:	25/02/2022		NORMA:	AASHTO: T- 90-70	
N° MUESTRA	1	2	3	4	5
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	6.02	6.20	6.00	6.40	6.60
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	7.90	7.30	7.70	7.80	7.00
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	7.62	7.15	7.36	7.59	6.90
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.28	0.16	0.34	0.21	0.10
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	1.60	0.94	1.36	1.19	0.30
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	17.50	16.40	25.00	17.65	33.33
PROMEDIO W %	21.98				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	23.94				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	21.98				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	1.96				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-1-b				
SUCS	SP				

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 97: Límite Plástico – muestra 6

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela				
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
UBICACIÓN:	Huambaló Centro		REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	6				
FECHA:	25/02/2022		NORMA:	AASHTO: T- 90-70	
N° MUESTRA	1	2	3	4	5
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	11.10	10.80	10.00	10.60	11.20
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	12.50	13.00	12.81	12.30	12.40
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	12.27	12.65	12.34	11.98	12.18
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.23	0.35	0.47	0.32	0.22
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	1.17	1.85	2.34	1.38	0.98
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	19.49	18.92	20.09	23.19	22.45
PROMEDIO W%	20.83				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	22.52				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	20.83				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	1.69				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-1-b				
SUCS	SP				

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 98: Límite Plástico – muestra 7

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela				
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
UBICACIÓN:	San Antonio		REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	7				
FECHA:	28/02/2022		NORMA:	AASHTO: T- 90-70	
Nº MUESTRA	1	2	3	4	5
Nº RECIPIENTE	A	B	C	D	E
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	10.40	10.10	10.20	10.00	10.60
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	11.60	12.00	11.70	11.30	11.80
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	11.40	11.65	11.40	11.05	11.48
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.20	0.35	0.30	0.25	0.32
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	1.00	1.55	1.20	1.05	0.88
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	20.00	22.58	25.00	23.81	36.36
PROMEDIO W%	25.55				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	26.85				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	25.55				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	1.30				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-1-b				
SUCS	SP				

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 99: Límite Plástico – muestra 8

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela				
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
UBICACIÓN:	San José		REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	8				
FECHA:	28/02/2022		NORMA:	AASHTO: T- 90-70	
N° MUESTRA	1	2	3	4	5
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	10.60	4.20	7.40	7.30	7.30
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	11.80	5.40	8.30	8.10	8.00
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	11.62	5.21	8.16	7.96	7.80
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.18	0.19	0.14	0.15	0.20
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	1.02	1.01	0.76	0.66	0.50
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	17.76	18.81	18.58	22.14	40.00
PROMEDIO W%	23.46				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	24.90				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	23.46				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	1.44				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-1-b				
SUCS	SP				

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 100: Límite Plástico – muestra 9

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela				
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
UBICACIÓN:	Surangay		REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	9				
FECHA:	28/02/2022		NORMA:	AASHTO: T- 90-70	
N° MUESTRA	1	2	3	4	5
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	7.20	10.20	7.20	10.40	5.90
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	8.60	11.80	8.30	11.90	7.20
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	8.40	11.55	8.15	11.68	7.00
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.20	0.25	0.15	0.22	0.20
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	1.20	1.35	0.95	1.28	1.10
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	16.67	18.43	15.67	17.19	18.18
PROMEDIO W%	17.23				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	18.56				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	17.23				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	1.33				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-1-b				
SUCS	SP				

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 101: Límite Plástico – muestra 10

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela				
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
UBICACIÓN:	La Merced		REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	10				
FECHA:	28/02/2022		NORMA:	AASHTO: T- 90-70	
N° MUESTRA	1	2	3	4	5
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	10.10	10.20	10.80	11.00	10.20
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	11.20	11.90	11.60	11.80	11.50
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	11.00	11.65	11.48	11.66	11.30
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.20	0.25	0.12	0.14	0.20
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	0.90	1.45	0.68	0.66	1.10
CONTENIDO DE HUMEDAD W %	22.22	17.16	17.63	21.58	18.07
PROMEDIO W %	19.33				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	21.10				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	19.33				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	1.77				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-1-b				
SUCS	SP				

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 102: Límite Plástico – muestra 11

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela				
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
UBICACIÓN:	Segovia Centro		REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	11				
FECHA:	28/02/2022		NORMA:	AASHTO: T- 90-70	
Nº MUESTRA	1	2	3	4	5
Nº RECIPIENTE	A	B	C	D	E
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	6.10	6.00	6.00	7.00	6.50
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	7.30	7.90	7.70	7.82	7.15
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	7.12	7.62	7.40	7.68	7.05
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.18	0.28	0.30	0.14	0.10
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	1.02	1.62	1.40	0.68	0.55
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	17.65	17.21	21.43	20.59	18.18
PROMEDIO W%	19.01				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	20.62				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	19.01				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	1.61				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-1-b				
SUCS	SP				



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 103: Límite Plástico – muestra 12

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela				
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
UBICACIÓN:	Segovia Alto		REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	12		NORMA:	AASHTO: T- 90-70	
FECHA:	28/02/2022		NORMA:	AASHTO: T- 90-70	
N° MUESTRA	1	2	3	4	5
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	10.30	10.20	10.10	10.30	10.80
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	11.30	11.80	11.60	11.40	11.60
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	11.10	11.55	11.37	11.20	11.45
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.20	0.25	0.23	0.20	0.15
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	0.80	1.35	1.27	0.90	0.65
CONTENIDO DE HUMEDAD $W\%$	25.13	18.61	18.11	22.22	23.08
PROMEDIO $W\%$	21.43				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	23.25				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	21.43				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	1.82				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-1-b				
SUCS	SP				



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 104: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD REAL) DEL AGREGADO FINO		
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela	
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.	
UBICACIÓN:	Huambaló Centro	
ID. MUESTRA	1	
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	01/03/2022	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
TEMPERATURA DEL AGUA	23.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	650.65	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	29.19	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	679.84	gr
PESO RECIPIENTE	140.70	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	189.72	gr
PESO MUESTRA SECA	49.02	gr
Ws + Wbw	699.67	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	19.83	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9976	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.52	



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 105: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD REAL) DEL AGREGADO FINO		
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela	
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.	
UBICACIÓN:	La Florida Bajo	
ID. MUESTRA	2	
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	01/03/2022	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
TEMPERATURA DEL AGUA	22.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	650.71	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	29.20	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	679.91	gr
PESO RECIPIENTE	86.84	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	136.55	gr
PESO MUESTRA SECA	49.71	gr
Ws + Wbw	700.42	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	20.51	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9978	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.47	



Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 106: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD REAL) DEL AGREGADO FINO		
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela	
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.	
UBICACIÓN:	La Florida Alto	
ID. MUESTRA	3	
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	01/03/2022	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
TEMPERATURA DEL AGUA	23.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	661.78	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	28.86	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	690.64	gr
PESO RECIPIENTE	106.55	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	154.91	gr
PESO MUESTRA SECA	48.36	gr
Ws + Wbw	710.14	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	19.50	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9976	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.53	



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 107: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 4

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD REAL) DEL AGREGADO FINO		
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela	
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.	
UBICACIÓN:	San Francisco	
ID. MUESTRA	4	
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	01/03/2022	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
TEMPERATURA DEL AGUA	22.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	650.50	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	29.20	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	679.70	gr
PESO RECIPIENTE	113.48	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	161.95	gr
PESO MUESTRA SECA	48.47	gr
Ws + Wbw	698.97	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	19.27	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9978	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.57	



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 108: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD REAL) DEL AGREGADO FINO		
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela	
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.	
UBICACIÓN:	Huambaló Centro	
ID. MUESTRA	5	
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	01/03/2022	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
TEMPERATURA DEL AGUA	24.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	650.50	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	29.20	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	679.70	gr
PESO RECIPIENTE	113.48	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	161.95	gr
PESO MUESTRA SECA	47.62	gr
Ws + Wbw	698.12	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	18.42	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9973	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.64	



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 109: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 6

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD REAL) DEL AGREGADO FINO		
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela	
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.	
UBICACIÓN:	Huambaló Centro	
ID. MUESTRA	6	
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	01/03/2022	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
TEMPERATURA DEL AGUA	23.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	650.65	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	29.19	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	679.84	gr
PESO RECIPIENTE	140.70	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	189.72	gr
PESO MUESTRA SECA	46.80	gr
Ws + Wbw	697.45	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	17.61	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9976	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.71	



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 110: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 7

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD REAL) DEL AGREGADO FINO		
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela	
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.	
UBICACIÓN:	San Antonio	
ID. MUESTRA	7	
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	02/03/2022	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
TEMPERATURA DEL AGUA	24.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	650.71	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	29.20	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	679.91	gr
PESO RECIPIENTE	86.84	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	136.55	gr
PESO MUESTRA SECA	47.52	gr
Ws + Wbw	698.23	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	18.32	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9973	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.65	



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 111: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 8

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD REAL) DEL AGREGADO FINO		
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela	
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.	
UBICACIÓN:	San José	
ID. MUESTRA	8	
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	02/03/2022	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
TEMPERATURA DEL AGUA	22.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	661.78	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	28.86	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	690.64	gr
PESO RECIPIENTE	106.55	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	154.91	gr
PESO MUESTRA SECA	47.25	gr
Ws + Wbw	709.03	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	18.39	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9978	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.62	



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 112: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 9

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD REAL) DEL AGREGADO FINO		
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela	
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.	
UBICACIÓN:	Surangay	
ID. MUESTRA	9	
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	02/03/2022	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
TEMPERATURA DEL AGUA	23.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	650.57	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	29.27	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	679.84	gr
PESO RECIPIENTE	140.70	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	189.72	gr
PESO MUESTRA SECA	47.83	gr
Ws + Wbw	698.40	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	18.56	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9976	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.63	



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 113: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 10

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD REAL) DEL AGREGADO FINO		
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela	
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.	
UBICACIÓN:	La Merced	
ID. MUESTRA	10	
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	02/03/2022	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
TEMPERATURA DEL AGUA	23.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	650.50	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	29.20	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	679.70	gr
PESO RECIPIENTE	113.48	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	161.95	gr
PESO MUESTRA SECA	47.48	gr
Ws + Wbw	697.98	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	18.28	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9976	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.65	



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 114: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 11

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD REAL) DEL AGREGADO FINO		
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela	
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.	
UBICACIÓN:	Segovia Centro	
ID. MUESTRA	11	
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	02/03/2022	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
TEMPERATURA DEL AGUA	22.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	650.71	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	29.20	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	679.91	gr
PESO RECIPIENTE	86.84	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	136.55	gr
PESO MUESTRA SECA	47.39	gr
Ws + Wbw	698.10	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	18.19	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9978	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.66	



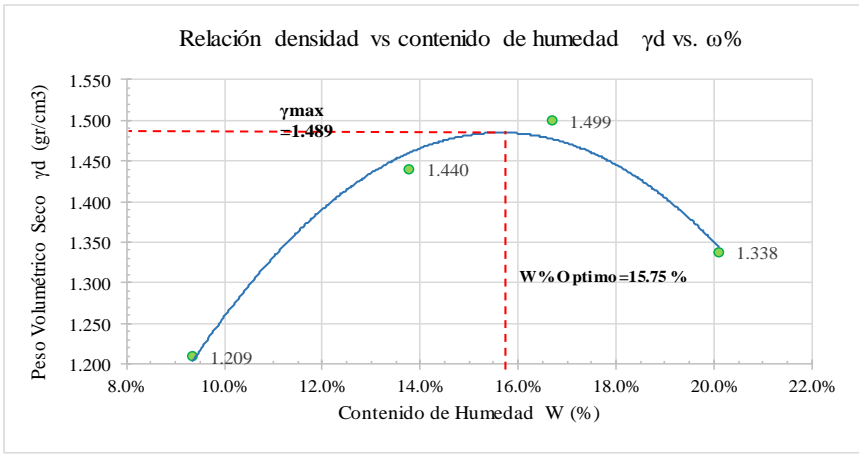
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 115: Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Fino – muestra 12

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD REAL) DEL AGREGADO FINO		
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela	
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.	
UBICACIÓN:	Segovia Alto	
ID. MUESTRA	12	
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
FECHA:	02/03/2022	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
TEMPERATURA DEL AGUA	23.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	650.50	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	29.20	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	679.70	gr
PESO RECIPIENTE	113.48	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	161.95	gr
PESO MUESTRA SECA	46.42	gr
Ws + Wbw	696.92	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	17.22	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9978	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.75	



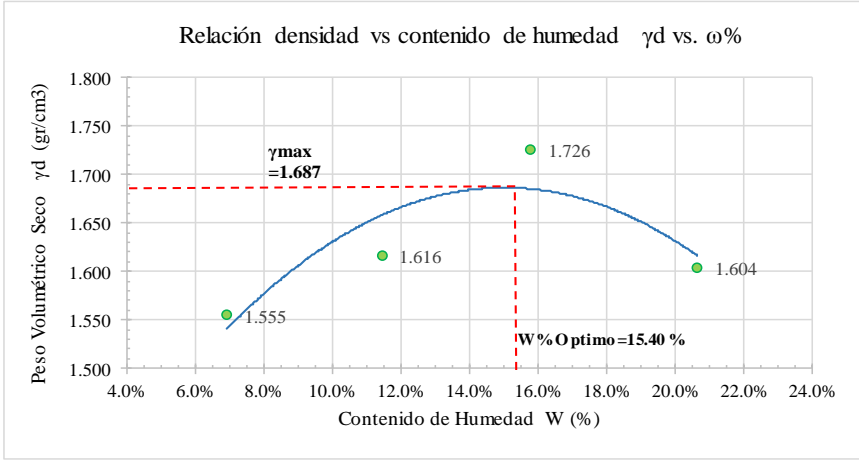
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 116: Ensayo de Compactación Proctor Modificado “B” – muestra 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B" 								
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela							
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.							
UBICACIÓN:	Huambaló Centro							
ID. DE MUESTRA:	M1							
FECHA:	03/03/2022							
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez							
NORMA:	AASHTO T- 180							
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
N° de Golpes:	56							
N° capas:	5							
P. martillo:	10 lb							
Altura de caída:	18' o 1.5ft							
P. molde:	13502 gr							
Vol. molde:	2302.71 cm ³							
Energía de compactación:	lb/ft/ft ³							
Diámetro:	15.2 cm							
Altura:	12.69 cm							
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
Ensayo número	1							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	5							
P. molde + suelo húmedo	16547							
Peso suelo húmedo	3045							
Peso unitario húmedo γ_m	1.322							
Ensayo número	2							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	10							
P. molde + suelo húmedo	17275							
Peso suelo húmedo	3773							
Peso unitario húmedo γ_m	1.639							
Ensayo número	3							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	15							
P. molde + suelo húmedo	17530							
Peso suelo húmedo	4028							
Peso unitario húmedo γ_m	1.749							
Ensayo número	4							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	20							
P. molde + suelo húmedo	17201							
Peso suelo húmedo	3699							
Peso unitario húmedo γ_m	1.606							
2. CONTENIDO DE HUMEDAD								
# Recipiente	A	B	C	D	E	F	G	H
R. + Suelo húmedo	154.8	139.6	163.8	142.9	167.1	170.1	143.1	173.2
R. + Suelo seco	144.44	130.5	147.8	129.6	147.9	150.4	124.4	149.9
Peso agua	10.36	9.15	16	13.34	19.2	19.7	18.72	23.3
Peso recipiente	32.9	33.5	32.2	32.3	32.9	32.3	31.5	33.5
Peso suelo seco	111.57	96.96	115.57	97.31	115.03	118.1	92.85	116.42
Contenido húmeda $\omega\%$	9.29%	9.44%	13.84%	13.71%	16.69%	16.68%	20.16%	20.01%
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	9.36%		13.78%		16.69%		20.09%	
Densidad seca γ_d	1.209		1.440		1.499		1.338	
Densidad seca máxima γ_{dmax}	1.489							
Grado de compactación %	91.34							
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p>Relación densidad vs contenido de humedad γ_d vs. $\omega\%$</p> 								
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La densidad máxima (γ_d máx) alcanzada según la gráfica corresponde a 1.489 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 15.75%, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								



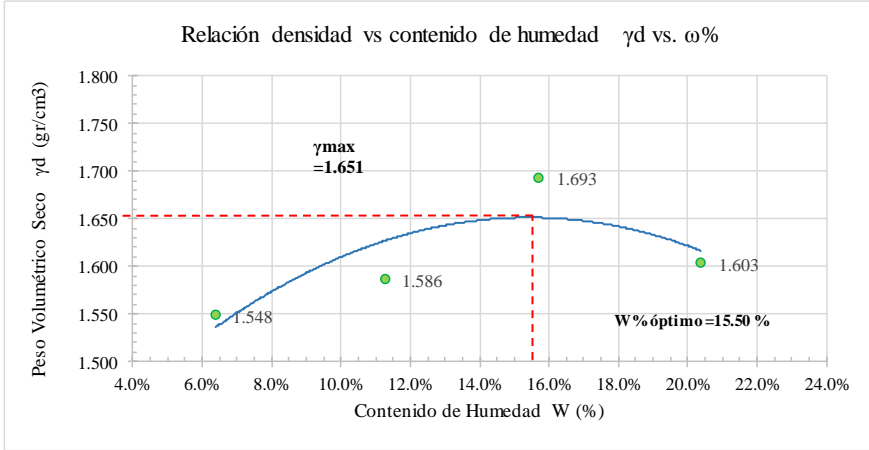
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 117: Ensayo de Compactación Proctor Modificado "B" – muestra 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B" 				
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACIÓN:	La Florida Bajo			
ID. DE MUESTRA:	2			
FECHA:	03/03/2022			
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez			
NORMA:	AASHTO T- 180			
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO				
N° de Golpes:	56			
N° capas:	5			
P. martillo:	10 lb			
Altura de caída:	18' o 1.5ft			
P. molde:	13502 gr			
Vol. molde:	2302.71 cm ³			
Energía de compactación:	55986 lb/ft/ft ³			
Diámetro:	15.2 cm			
Altura:	12.69 cm			
2. CONTENIDO DE HUMEDAD				
Ensayo número	1	2	3	4
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000
Humedad inicial añadida	5	10	15	20
P. molde + suelo húmedo	17331	17649	18104	17958
Peso suelo húmedo	3829	4147	4602	4456
Peso unitario húmedo γ_m	1.663	1.801	1.999	1.935
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA				
				
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO				
<p>La densidad máxima (γ_d máx) alcanzada según la gráfica corresponde a 1.687 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 15.40%, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>				



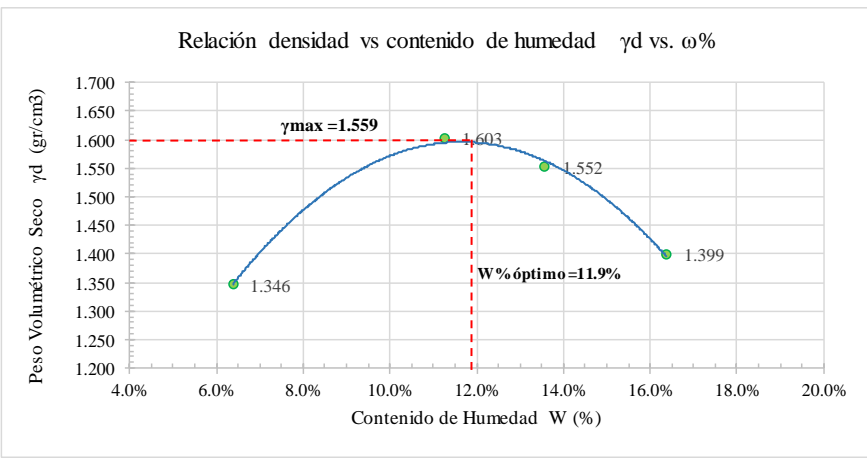
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 118: Ensayo de Compactación Proctor Modificado "B" – muestra 3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B" 								
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela							
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.							
UBICACIÓN:	La Florida Alto	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez					
ID. DE MUESTRA:	3							
FECHA:	03/03/2022	NORMA:	AASHTO T- 180					
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
N° de Golpes:	56	N°capas:	5					
Altura de caída:	18' o 1.5ft	P. molde:	13504 gr					
Energía de compactación:	55986 lb/ft/ft3	Diámetro:	15.2 cm					
		P.martillo:	10 lb					
		Vol. molde:	2302.71 cm3					
		Altura:	12.69 cm					
Ensayo número	1	2	3					
Peso inicial deseado	6000	6000	6000					
Humedad inicial añadida	5	10	15					
P. molde + suelo húmedo	17296	17567	18014					
Peso suelo húmedo	3792	4063	4510					
Peso unitario húmedo γ_m	1.647	1.764	1.959					
			4					
			6000					
			20					
			17947					
			4443					
			1.929					
2. CONTENIDO DE HUMEDAD								
# Recipiente	A	B	C	D	E	F	G	H
R. + Suelo húmedo	150.1	148.3	120.3	114.8	149.7	136.5	174.0	151.1
R. + Suelo seco	143.14	141.2	111.24	106.6	133.5	122.5	150.1	130.8
Peso agua	6.99	7.07	9.08	8.26	16.15	13.96	23.89	20.29
Peso recipiente	33.5	30.3	30.8	33.0	32.3	32.2	31.6	32.3
Peso suelo seco	109.69	110.92	80.47	73.57	101.25	90.29	118.58	98.49
Contenido húmeda $\omega\%$	6.37%	6.37%	11.28%	11.23%	15.95%	15.46%	20.15%	20.60%
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	6.37%		11.26%		15.71%		20.37%	
Densidad seca γ_d	1.548		1.586		1.693		1.603	
Densidad seca máxima γ_{dmax}	1.651							
Grado de compactación %	94.49							
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p>Relación densidad vs contenido de humedad γ_d vs. $\omega\%$</p> 								
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
La densidad máxima (γ_d máx) alcanzada según la gráfica corresponde a 1.651 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 15.50%, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.								



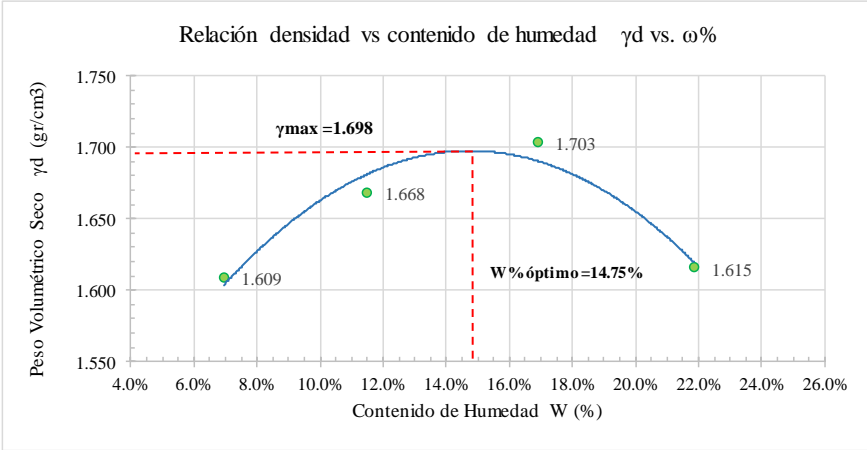
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 119: Ensayo de Compactación Proctor Modificado "B" – muestra 4

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B"								
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela							
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.							
UBICACIÓN:	San Francisco	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez					
ID. DE MUESTRA:	4	NORMA:	AASHTO T- 180					
FECHA:	03/03/2022							
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
N° de Golpes:	56	N°capas:	5					
Altura de caída:	18' o 1.5ft	P. molde:	13504 gr					
Energía de compactación:	55986 lb/ft/ft3	Diámetro:	15.2 cm					
		P.martillo:	10 lb					
		Vol. molde:	2302.71 cm3					
		Altura:	12.69 cm					
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO (Continúa)								
Ensayo número	1	2	3					
Peso inicial deseado	6000	6000	6000					
Humedad inicial añadida	5	10	15					
P. molde + suelo húmedo	16800	17610	17564					
Peso suelo húmedo	3296	4106	4060					
Peso unitario húmedo γ_m	1.431	1.783	1.763					
			4					
			6000					
			20					
			17254					
			3750					
			1.629					
2. CONTENIDO DE HUMEDAD								
# Recipiente	A	B	C	D	E	F	G	H
R. + Suelo húmedo	150.1	148.3	120.3	114.8	147.2	134.8	169.6	146.9
R. + Suelo seco	143.14	141.2	111.24	106.6	133.5	122.5	150.1	130.8
Peso agua	6.99	7.07	9.08	8.26	13.7	12.29	19.47	16.07
Peso recipiente	33.5	30.3	30.8	33.0	32.3	32.2	31.6	32.3
Peso suelo seco	109.69	110.92	80.47	73.57	101.25	90.29	118.58	98.49
Contenido húmeda $\omega\%$	6.37%	6.37%	11.28%	11.23%	13.53%	13.61%	16.42%	16.32%
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	6.37%		11.26%		13.57%		16.37%	
Densidad seca γ_d	1.346		1.603		1.552		1.399	
Densidad seca máxima γ_{dmax}	1.559							
Grado de compactación %	83.17							
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p style="text-align: center;">Relación densidad vs contenido de humedad γ_d vs. $\omega\%$</p> 								
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
La densidad máxima (γ_d máx) alcanzada según la gráfica corresponde a 1.559 gr/cm3, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 11.90%, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.								



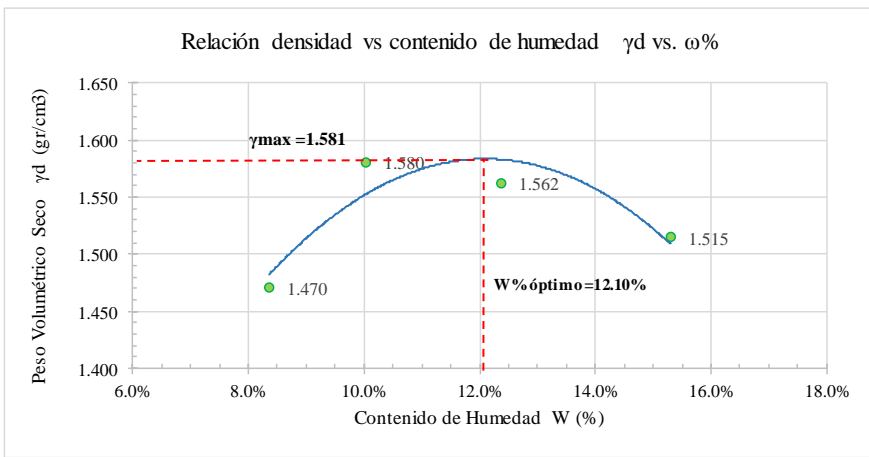
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 120: Ensayo de Compactación Proctor Modificado "B" – muestra 5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B" 			
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela		
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.		
UBICACIÓN:	Huambaló Centro	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez
ID. DE MUESTRA:	5		
FECHA:	04/03/2022	NORMA:	AASHTO T- 180
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO			
N° de Golpes:	56	N°capas:	5
Altura de caída:	18' o 1.5ft	P. molde:	12781 gr
Energía de compactación:	55986 lb/ft/ft3	Diámetro:	15.16 cm
		P.martillo:	10 lb
		Vol. molde:	2409.74 cm3
		Altura:	13.35 cm
2. CONTENIDO DE HUMEDAD			
	1	2	3
Ensayo número	1	2	3
Peso inicial deseado	6000	6000	6000
Humedad inicial añadida	5	10	15
P. molde + suelo húmedo	16927	17263	17578
Peso suelo húmedo	4146	4482	4797
Peso unitario húmedo γ_m	1.721	1.860	1.991
	4		
	6000		
	20		
	17524		
	4743		
	1.968		
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
<p>Relación densidad vs contenido de humedad γ_d vs. $\omega\%$</p> 			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La densidad máxima (γ_d máx) alcanzada según la gráfica corresponde a 1.698 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 14.75%, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.			



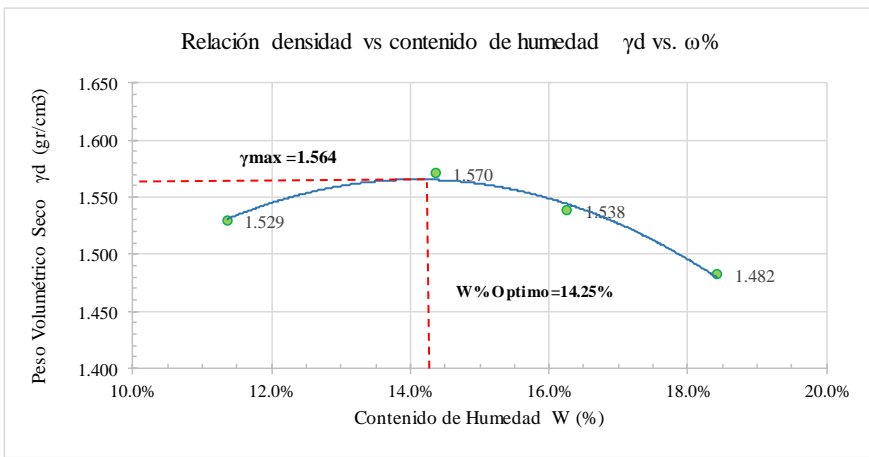
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 121: Ensayo de Compactación Proctor Modificado “B” – muestra 6

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B" 								
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela							
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.							
UBICACIÓN:	Huambaló Centro							
ID. DE MUESTRA:	6							
FECHA:	04/03/2022							
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez							
NORMA:	AASHTO T- 180							
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
N° de Golpes:	56							
Altura de caída:	18' o 1.5ft							
Energía de compactación:	55986 lb/ft/ft3							
N°capas:	5							
P. molde:	12781 gr							
Diámetro:	15.16 cm							
P.martillo:	10 lb							
Vol. molde:	2409.74 cm3							
Altura:	13.35 cm							
Ensayo número	1							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	5							
P. molde + suelo húmedo	16621							
Peso suelo húmedo	3840							
Peso unitario húmedo γ_m	1.594							
	2							
	6000							
	10							
	16972							
	4191							
	1.739							
	3							
	6000							
	15							
	17011							
	4230							
	1.755							
	4							
	6000							
	20							
	16989							
	4208							
	1.746							
2. CONTENIDO DE HUMEDAD								
# Recipiente	A	B	C	D	E	F	G	H
R. + Suelo húmedo	161.8	155.8	149.2	156.7	145.2	147.3	144.3	141.2
R. + Suelo seco	151.9	146.1	138.4	145.4	132.7	134.7	129.4	126.7
Peso agua	9.9	9.7	10.8	11.3	12.5	12.6	14.9	14.5
Peso recipiente	33.5	30.3	30.8	33.0	32.3	32.2	31.6	32.3
Peso suelo seco	118.45	115.79	107.63	112.42	100.45	102.48	97.85	94.36
Contenido húmeda $\omega\%$	8.36%	8.38%	10.03%	10.05%	12.44%	12.30%	15.23%	15.37%
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	8.37%		10.04%		12.37%		15.30%	
Densidad seca γ_d	1.470		1.580		1.562		1.515	
Densidad seca máxima γ_{dmax}	1.581							
Grado de compactación %	85.39							
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
								
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
La densidad máxima (γ_d máx) alcanzada según la gráfica corresponde a 1.581 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 12.10%, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.								



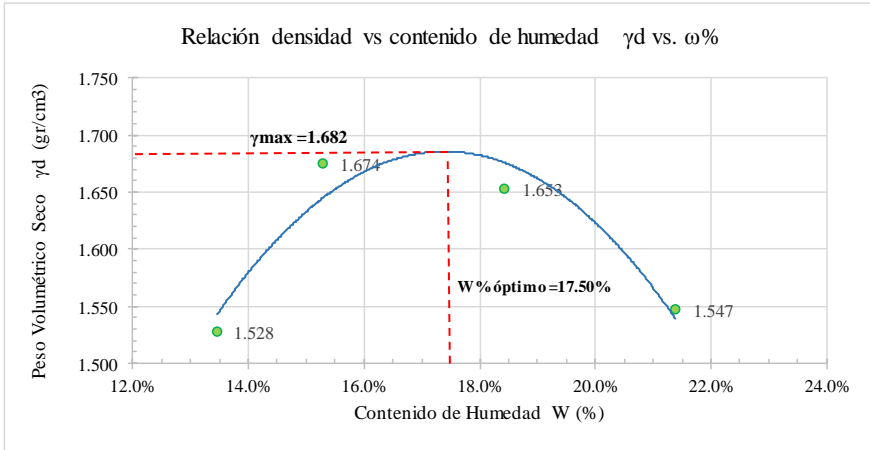
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 122: Ensayo de Compactación Proctor Modificado “B” – muestra 7

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B" 									
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela								
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.								
UBICACIÓN:	San Antonio								
ID. DE MUESTRA:	7								
FECHA:	04/03/2022								
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez								
NORMA:	AASHTO T- 180								
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO									
N° de Golpes:	56	N°capas:	5	P.martillo:	10	lb			
Altura de caída:	18' o 1.5ft	P. molde:	12781	gr	Vol. molde:	2409.74	cm ³		
Energía de compactación:	55986	lb/ft/ft ³	Diámetro:	15.16	cm	Altura:	13.35	cm	
Ensayo número	1	2	3	4					
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000					
Humedad inicial añadida	5	10	15	20					
P. molde + suelo húmedo	16885	17108	17090	17009					
Peso suelo húmedo	4104	4327	4309	4228					
Peso unitario húmedo γ_m	1.703	1.796	1.788	1.755					
2. CONTENIDO DE HUMEDAD									
# Recipiente	A	B	C	D	E	F	G	H	
R. + Suelo húmedo	165.3	159.3	153.8	161.6	149.1	151.3	147.4	144.1	
R. + Suelo seco	151.9	146.1	138.4	145.4	132.7	134.7	129.4	126.7	
Peso agua	13.4	13.2	15.4	16.2	16.4	16.6	18	17.4	
Peso recipiente	33.5	30.3	30.8	33.0	32.3	32.2	31.6	32.3	
Peso suelo seco	118.45	115.79	107.63	112.42	100.45	102.48	97.85	94.36	
Contenido húmeda $\omega\%$	11.31%	11.40%	14.31%	14.41%	16.33%	16.20%	18.40%	18.44%	
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	11.36%		14.36%		16.26%		18.42%		
Densidad seca γ_d	1.529		1.570		1.538		1.482		
Densidad seca máxima γ_{dmax}								1.564	
Grado de compactación %								92.71	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA									
									
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO									
La densidad máxima (γ_d máx) alcanzada según la gráfica corresponde a 1.564 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 14.25%, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.									



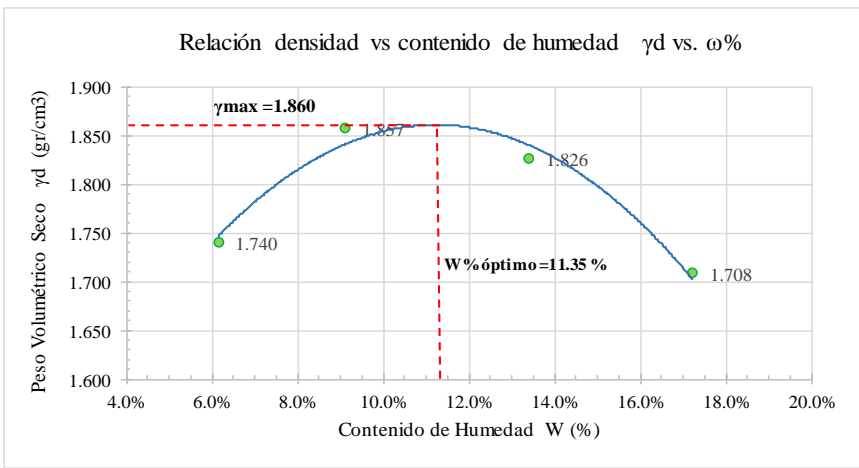
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 123: Ensayo de Compactación Proctor Modificado “B” – muestra 8

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B"								
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela							
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.							
UBICACIÓN:	San José	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez					
ID. DE MUESTRA:	8							
FECHA:	04/03/2022	NORMA:	AASHTO T- 180					
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
N° de Golpes:	56	N°capas:	5					
Altura de caída:	18' o 1.5ft	P. molde:	13950 gr					
Energía de compactación:	55986 lb/ft/ft3	Diámetro:	15.16 cm					
		P.martillo:	10 lb					
		Vol. molde:	2292.41 cm3					
		Altura:	12.7 cm					
Ensayo número	1	2	3					
Peso inicial deseado	6000	6000	6000					
Humedad inicial añadida	10	15	20					
P. molde + suelo húmedo	17924	18375	18438					
Peso suelo húmedo	3974	4425	4488					
Peso unitario húmedo γ_m	1.734	1.930	1.958					
			4					
			6000					
			25					
			18254					
			4304					
			1.877					
2. CONTENIDO DE HUMEDAD								
# Recipiente	A	B	C	D	E	F	G	H
R. + Suelo húmedo	154.2	154.2	174.9	161.9	178.6	182.1	263.2	253.1
R. + Suelo seco	139.9	139.5	155.8	144.8	155.8	158.8	222.4	214.2
Peso agua	14.3	14.7	19.1	17.1	22.8	23.3	40.8	38.9
Peso recipiente	33.5	30.3	30.8	33.0	32.3	32.2	31.6	32.3
Peso suelo seco	106.45	109.19	125.03	111.82	123.55	126.58	190.85	181.86
Contenido húmeda $\omega\%$	13.43%	13.46%	15.28%	15.29%	18.45%	18.41%	21.38%	21.39%
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	13.45%		15.28%		18.43%		21.38%	
Densidad seca γ_d	1.528		1.674		1.653		1.547	
Densidad seca máxima γ_{dmax}	1.682							
Grado de compactación %	95.12							
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p>Relación densidad vs contenido de humedad γ_d vs. $\omega\%$</p> 								
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
La densidad máxima (γ_d máx) alcanzada según la gráfica corresponde a 1.682 gr/cm3, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 17.50%, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.								



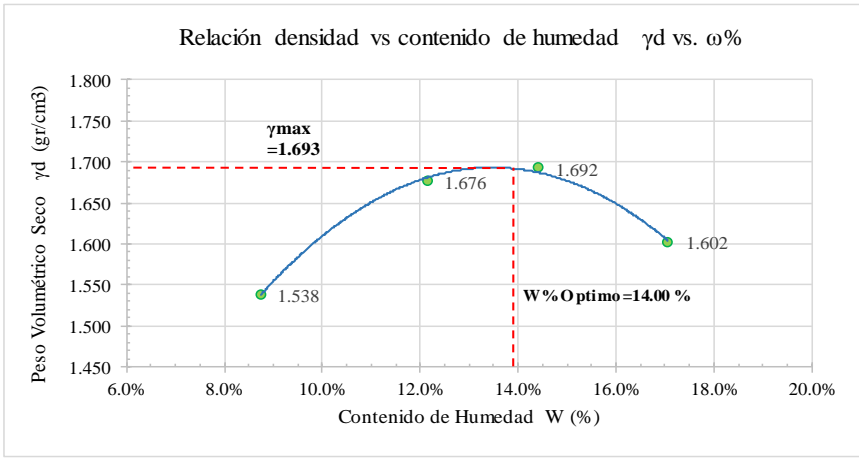
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 124: Ensayo de Compactación Proctor Modificado "B" – muestra 9

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B" 									
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela								
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.								
UBICACIÓN:	Surangay								
ID. DE MUESTRA:	9								
FECHA:	07/03/2022								
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez								
NORMA:	AASHTO T- 180								
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO									
N° de Golpes:	56	N° capas:	5	P. martillo:	10	lb			
Altura de caída:	18' o 1.5ft	P. molde:	13502	gr	Vol. molde:	2302.71	cm ³		
Energía de compactación:	55986	lb/ft/ft ³	Diámetro:	15.2	cm	Altura:	12.69	cm	
Ensayo número	1	2	3	4					
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000					
Humedad inicial añadida	5	10	15	20					
P. molde + suelo húmedo	17754	18168	18270	18112					
Peso suelo húmedo	4252	4666	4768	4610					
Peso unitario húmedo γ_m	1.847	2.026	2.071	2.002					
2. CONTENIDO DE HUMEDAD									
# Recipiente	A	B	C	D	E	F	G	H	
R. + Suelo húmedo	151.3	136.4	158.3	138.4	163.2	166.3	140.3	170.0	
R. + Suelo seco	144.44	130.5	147.76	129.6	147.9	150.4	124.4	149.9	
Peso agua	6.86	5.95	10.54	8.84	15.3	15.9	15.92	20.1	
Peso recipiente	32.9	33.5	32.2	32.3	32.9	32.3	31.5	33.5	
Peso suelo seco	111.57	96.96	115.53	97.31	115.03	118.1	92.85	116.42	
Contenido húmeda $\omega\%$	6.15%	6.14%	9.12%	9.08%	13.30%	13.46%	17.15%	17.27%	
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	6.14%		9.10%		13.38%		17.21%		
Densidad seca γ_d	1.740		1.857		1.826		1.708		
Densidad seca máxima γ_{dmax}	1.860								
Grado de compactación %	84.95								
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA									
<p>Relación densidad vs contenido de humedad γ_d vs. $\omega\%$</p> 									
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO									
<p>La densidad máxima (γ_d máx) alcanzada según la gráfica corresponde a 1.860 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 11.35%, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>									



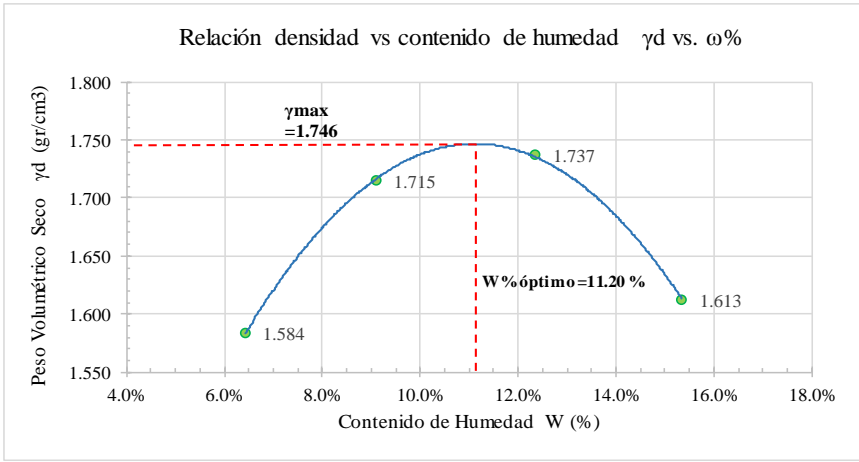
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 125: Ensayo de Compactación Proctor Modificado “B” – muestra 10

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B" 				
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACIÓN:	La Merced			
ID. DE MUESTRA:	10			
FECHA:	07/03/2022			
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez			
NORMA:	AASHTO T- 180			
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO				
N° de Golpes:	56			
N° capas:	5			
P. martillo:	10 lb			
Altura de caída:	18' o 1.5ft			
P. molde:	13502 gr			
Vol. molde:	2302.71 cm ³			
Energía de compactación:	55986 lb/ft/ft ³			
Diámetro:	15.2 cm			
Altura:	12.69 cm			
2. CONTENIDO DE HUMEDAD				
Ensayo número	1	2	3	4
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000
Humedad inicial añadida	5	10	15	20
P. molde + suelo húmedo	17354	17830	17960	17821
Peso suelo húmedo	3852	4328	4458	4319
Peso unitario húmedo γ_m	1.673	1.880	1.936	1.876
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA				
<p>Relación densidad vs contenido de humedad γ_d vs. $\omega\%$</p> 				
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO				
<p>La densidad máxima (γ_d máx) alcanzada según la gráfica corresponde a 1.693 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 14.00%, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>				



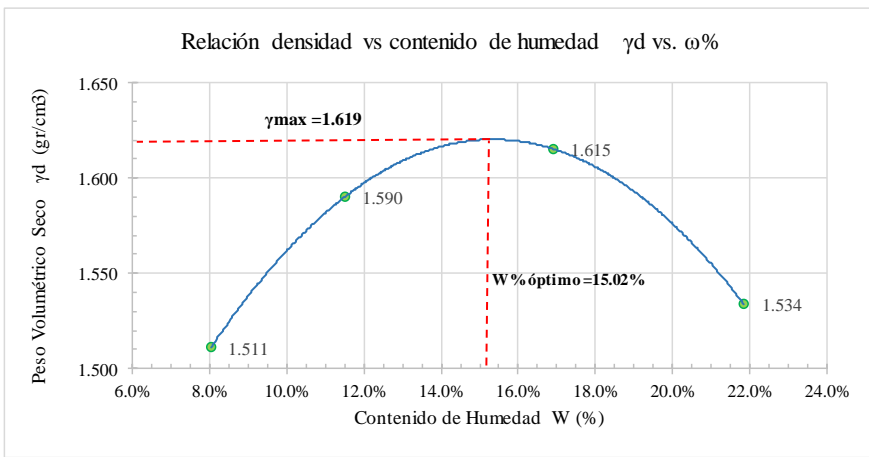
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 126: Ensayo de Compactación Proctor Modificado “B” – muestra 11

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B" 								
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela							
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.							
UBICACIÓN:	Segovia Centro							
ID. DE MUESTRA:	11							
FECHA:	07/03/2022							
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez							
NORMA:	AASHTO T- 180							
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
N° de Golpes:	56							
N° capas:	5							
P. martillo:	10 lb							
Altura de caída:	18' o 1.5ft							
P. molde:	13502 gr							
Vol. molde:	2302.71 cm ³							
Energía de compactación:	55986 lb/ft/ft ³							
Diámetro:	15.2 cm							
Altura:	12.69 cm							
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
Ensayo número	1							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	5							
P. molde + suelo húmedo	17384							
Peso suelo húmedo	3882							
Peso unitario húmedo γ_m	1.686							
Ensayo número	2							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	10							
P. molde + suelo húmedo	17810							
Peso suelo húmedo	4308							
Peso unitario húmedo γ_m	1.871							
Ensayo número	3							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	15							
P. molde + suelo húmedo	17996							
Peso suelo húmedo	4494							
Peso unitario húmedo γ_m	1.952							
Ensayo número	4							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	20							
P. molde + suelo húmedo	17785							
Peso suelo húmedo	4283							
Peso unitario húmedo γ_m	1.860							
2. CONTENIDO DE HUMEDAD								
# Recipiente	A	B	C	D	E	F	G	H
R. + Suelo húmedo	151.6	136.7	158.3	138.4	162.1	165.0	138.6	167.8
R. + Suelo seco	144.44	130.5	147.76	129.6	147.9	150.4	124.4	149.9
Peso agua	7.16	6.25	10.54	8.84	14.2	14.6	14.22	17.9
Peso recipiente	32.9	33.5	32.2	32.3	32.9	32.3	31.5	33.5
Peso suelo seco	111.57	96.96	115.53	97.31	115.03	118.1	92.85	116.42
Contenido húmeda $\omega\%$	6.42%	6.45%	9.12%	9.08%	12.34%	12.36%	15.32%	15.38%
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	6.43%		9.10%		12.35%		15.35%	
Densidad seca γ_d	1.584		1.715		1.737		1.613	
Densidad seca máxima γ_{dmax}	1.749							
Grado de compactación %	76.04							
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p style="text-align: center;">Relación densidad vs contenido de humedad γ_d vs. $\omega\%$</p> 								
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
<p>La densidad máxima (γ_d máx) alcanzada según la gráfica corresponde a 1.746 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 11.20%, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

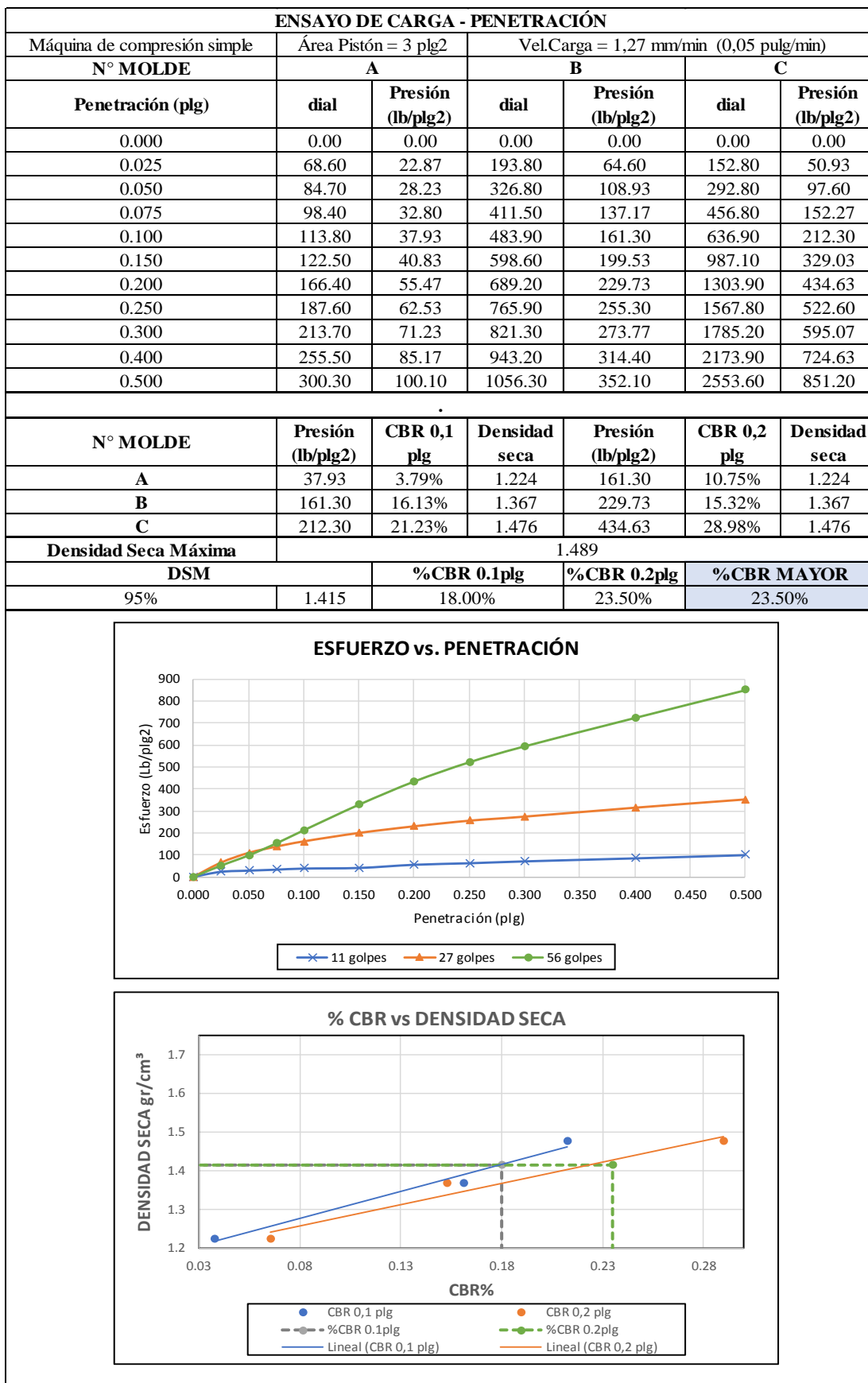
Tabla 127: Ensayo de Compactación Proctor Modificado “B” – muestra 12

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B" 				
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACIÓN:	Segovia Alto			
ID. DE MUESTRA:	12			
FECHA:	07/03/2022			
REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez			
NORMA:	AASHTO T- 180			
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO				
N° de Golpes:	56			
N°capas:	5			
P.martillo:	10 lb			
Altura de caída:	18' o 1.5ft			
P. molde:	12781 gr			
Vol. molde:	2409.74 cm ³			
Energía de compactación:	55986 lb/ft/ft ³			
Diámetro:	15.16 cm			
Altura:	13.35 cm			
2. CONTENIDO DE HUMEDAD				
Ensayo número	1	2	3	4
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000
Humedad inicial añadida	5	10	15	20
P. molde + suelo húmedo	16714	17054	17331	17285
Peso suelo húmedo	3933	4273	4550	4504
Peso unitario húmedo γ_m	1.632	1.773	1.888	1.869
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA				
<p>Relación densidad vs contenido de humedad γ_d vs. $\omega\%$</p> 				
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO				
La densidad máxima (γ_d máx) alcanzada según la gráfica corresponde a 1.619 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 15.20%, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.				

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde



Tabla 128: Ensayo de CBR – muestra 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela					
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.					
UBICACIÓN:	Huambaló Centro			REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	1			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	08/03/2022			Wópt:	15.75	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.2	Diámetro	15.2	Diámetro	15.2
	Altura	12.6	Altura	12.6	Altura	12.46
N° de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	9815		12923		12407	
Masa Molde (gr)	6465		9217		8452	
Masa muestra húmeda (gr)	3350		3706		3955	
Volumen muestra (cm ³)	2286.31		2286.31		2260.90	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.465		1.621		1.749	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	30.3	30.6	33.1	30.2	33.4	33.6
Masa suelo hum+recip. (gr)	161.3	211.5	164.5	154.5	149.3	192.5
Masa suelo seco+recip. (gr)	139.6	181.8	144.2	134.7	131.3	167.5
Masa de agua (gr)	21.7	29.7	20.3	19.8	18	25
Masa suelo seco (gr)	109.3	151.2	111.1	104.5	97.9	133.9
Contenido de humedad W%	19.85%	19.64%	18.27%	18.95%	18.39%	18.67%
Promedio W%	19.75%		18.61%		18.53%	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.224		1.367		1.476	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10379		13331		12703	
Masa Molde (gr)	6465		9217		8452	
Masa muestra húmeda (gr)	3914		4114		4251	
Volumen muestra (cm ³)	2286.31		2286.31		2260.90	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.712		1.799		1.880	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	7.1	7.8	7.6	7.2	7.3	7.1
Masa suelo hum+recip. (gr)	100.51	96.5	96.35	87.36	72.23	85.36
Masa suelo seco+recip. (gr)	73.61	70.16	75.22	67.25	58.26	68.15
Masa de agua (gr)	26.9	26.34	21.13	20.11	13.97	17.21
Masa suelo seco (gr)	66.51	62.36	67.62	60.05	50.96	61.05
Contenido de humedad W%	40.45%	42.24%	31.25%	33.49%	27.41%	28.19%
Promedio W%	41.34%		32.37%		27.80%	



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

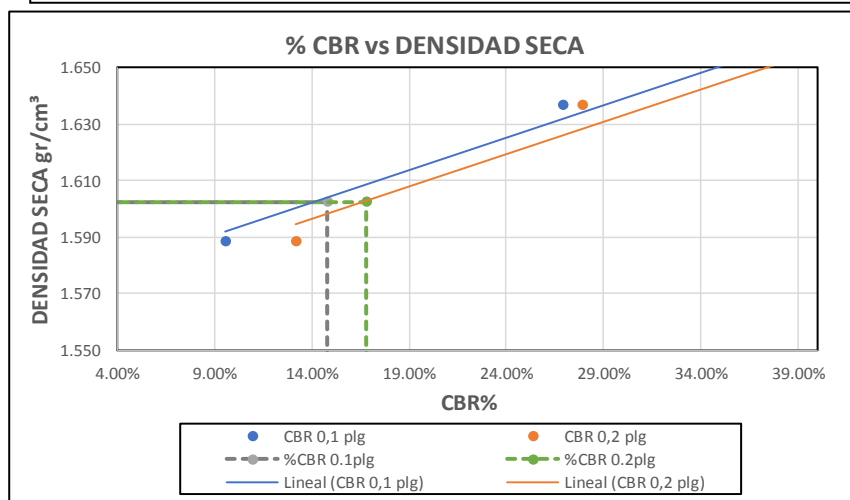
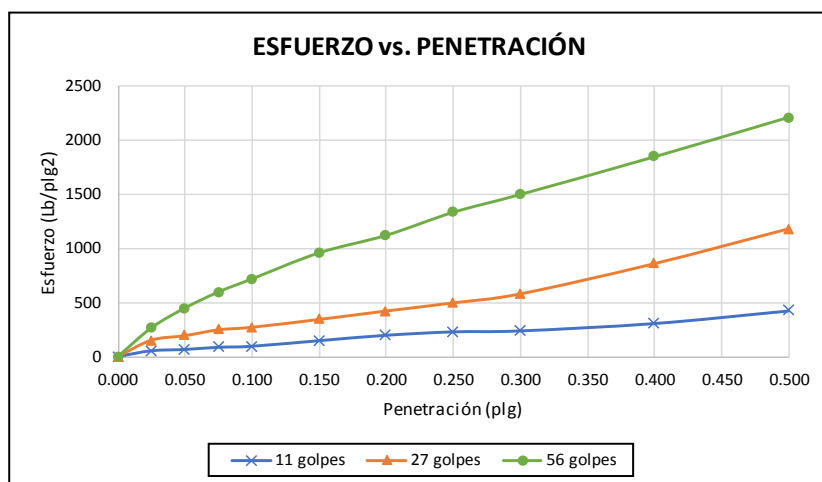
Tabla 129: Ensayo de CBR – muestra 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela					
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.					
UBICACIÓN:	La Florida Bajo			REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	2			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	08/03/2022			Wópt:	15.40	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.2	Diámetro	15.23	Diámetro	15.2
	Altura	12.4	Altura	12.4	Altura	12.4
N° de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	13673		13992		10953	
Masa Molde (gr)	9328		9652		6453	
Masa muestra húmeda (gr)	4345		4340		4500	
Volumen muestra (cm ³)	2250.02		2258.91		2250.02	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.931		1.921		2.000	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	32.35	33.47	33	31.56	32.35	30.42
Masa suelo hum+recip. (gr)	92.54	96.5	120.92	88.14	128.92	103.13
Masa suelo seco+recip. (gr)	82.56	84.6	106.8	80.48	116.12	93.35
Masa de agua (gr)	9.98	11.9	14.12	7.66	12.8	9.78
Masa suelo seco (gr)	50.21	51.13	73.8	48.92	83.77	62.93
Contenido de humedad W%	19.88%	23.27%	19.13%	15.66%	15.28%	15.54%
Promedio W%	21.58%		17.40%		15.41%	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.588		1.637		1.733	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	13933		14154		11002	
Masa Molde (gr)	9328		9652		6453	
Masa muestra húmeda (gr)	4605		4502		4549	
Volumen muestra (cm ³)	2250.02		2258.91		2250.02	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	2.047		1.993		2.022	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	30.8	30.9	31.2	31.1	30.9	30.9
Masa suelo hum+recip. (gr)	268.4	256.8	198.6	184.5	215.4	227.3
Masa suelo seco+recip. (gr)	222.4	214.8	167.2	156.7	182.7	191.5
Masa de agua (gr)	46	42	31.4	27.8	32.7	35.8
Masa suelo seco (gr)	191.6	183.9	136	125.6	151.8	160.6
Contenido de humedad W%	24.01%	22.84%	23.09%	22.13%	21.54%	22.29%
Promedio W%	23.42%		22.61%		21.92%	

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
N° MOLDE	A		B		C	
Penetración (plg)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	159.80	53.27	450.30	150.10	794.60	264.87
0.050	196.30	65.43	575.20	191.73	1340.30	446.77
0.075	256.80	85.60	735.60	245.20	1785.60	595.20
0.100	285.90	95.30	805.90	268.63	2145.60	715.20
0.150	440.90	146.97	1021.40	340.47	2865.70	955.23
0.200	592.30	197.43	1254.30	418.10	3349.90	1116.63
0.250	687.20	229.07	1478.30	492.77	3985.50	1328.50
0.300	713.90	237.97	1726.30	575.43	4478.00	1492.67
0.400	919.50	306.50	2560.30	853.43	5520.00	1840.00
0.500	1269.80	423.27	3520.00	1173.33	6610.00	2203.33



N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	95.30	9.53%	1.588	197.43	13.16%	1.588
B	268.63	26.86%	1.637	418.10	27.87%	1.637
C	715.20	71.52%	1.733	1116.63	74.44%	1.733

Densidad Seca Máxima	1.687					
DSM		%CBR 0.1plg	%CBR 0.2plg	%CBR MAYOR		
95%	1.603	14.80%	16.80%	16.80%		



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

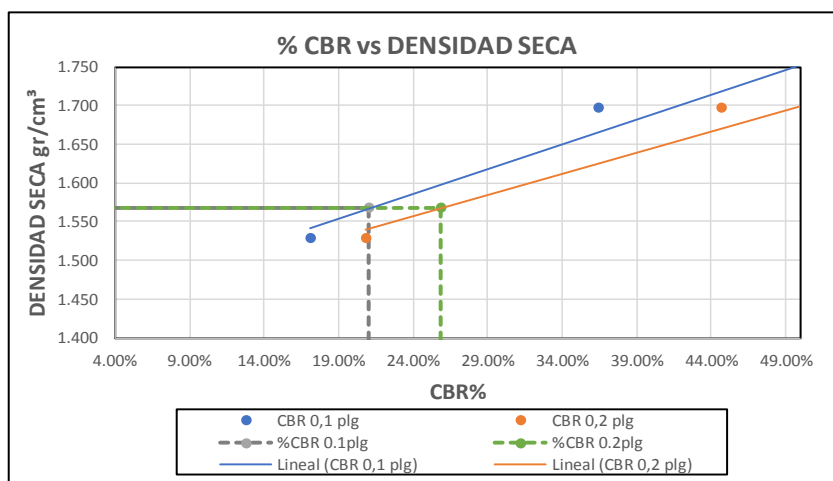
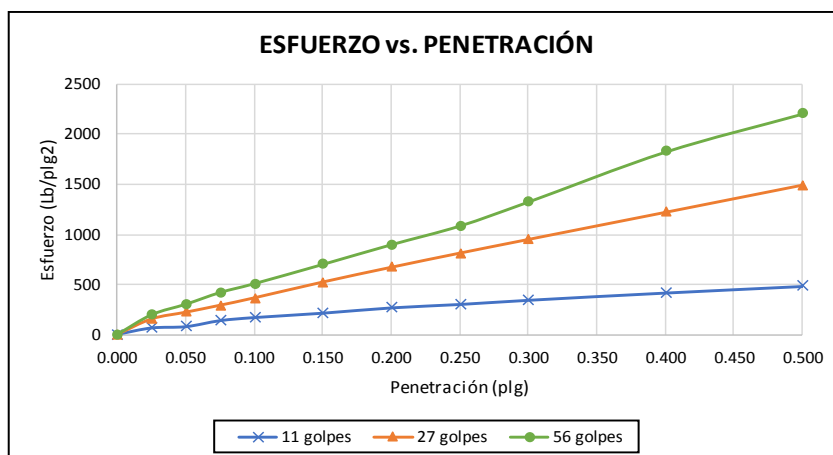
Tabla 130: Ensayo de CBR – muestra 3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela					
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.					
UBICACIÓN:	La Florida Alto			REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	3			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	08/03/2022			Wópt:	15.50	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.2	Diámetro	15.2	Diámetro	15.23
	Altura	12.7	Altura	12.5	Altura	12.7
N° de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	10524		11552		13569	
Masa Molde (gr)	6012		7226		9125	
Masa muestra húmeda (gr)	4321		4326		4444	
Volumen muestra (cm ³)	2304.45		2268.16		2313.56	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.875		1.907		1.921	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	32.86	32.24	32.34	30.73	32.51	30.41
Masa suelo hum+recip. (gr)	127.59	115.63	135.26	102.15	145.6	99.46
Masa suelo seco+recip. (gr)	110.3	100	123.56	94.56	133.52	93.65
Masa de agua (gr)	17.29	15.63	11.7	7.59	12.08	5.81
Masa suelo seco (gr)	77.44	67.76	91.22	63.83	101.01	63.24
Contenido de humedad W%	22.33%	23.07%	12.83%	11.89%	11.96%	9.19%
Promedio W%	22.70%		12.36%		10.57%	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.528		1.697		1.737	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10771		11575		13300	
Masa Molde (gr)	6012		7226		9125	
Masa muestra húmeda (gr)	4759		4349		4175	
Volumen muestra (cm ³)	2304.45		2268.16		2313.56	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	2.065		1.917		1.805	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	33	32.88	33.48	33.47	32.38	32.58
Masa suelo hum+recip. (gr)	101.32	107.43	123.18	112.76	154.14	112.34
Masa suelo seco+recip. (gr)	89.95	94.85	108.15	99.53	134.98	98.37
Masa de agua (gr)	11.37	12.58	15.03	13.23	19.16	13.97
Masa suelo seco (gr)	56.95	61.97	74.67	66.06	102.6	65.79
Contenido de humedad W%	19.96%	20.30%	20.13%	20.03%	18.67%	21.23%
Promedio W%	20.13%		20.08%		19.95%	

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
N° MOLDE	A		B		C	
Penetración (plg)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	193.60	64.53	463.30	154.43	589.63	196.54
0.050	233.90	77.97	663.40	221.13	905.20	301.73
0.075	417.90	139.30	872.10	290.70	1256.30	418.77
0.100	511.60	170.53	1093.70	364.57	1522.10	507.37
0.150	645.90	215.30	1567.30	522.43	2100.80	700.27
0.200	807.90	269.30	2009.60	669.87	2692.40	897.47
0.250	912.30	304.10	2432.80	810.93	3254.50	1084.83
0.300	1040.20	346.73	2842.30	947.43	3975.26	1325.09
0.400	1261.10	420.37	3653.90	1217.97	5473.90	1824.63
0.500	1462.30	487.43	4467.90	1489.30	6615.80	2205.27



N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	170.53	17.05%	1.528	312.45	20.83%	1.528
B	364.57	36.46%	1.697	669.87	44.66%	1.697
C	507.37	50.74%	1.737	897.47	59.83%	1.737

Densidad Seca Máxima	1.651					
DSM		%CBR 0.1plg		%CBR 0.2plg		%CBR MAYOR
95%	1.568	21.00%		25.85%		25.85%



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

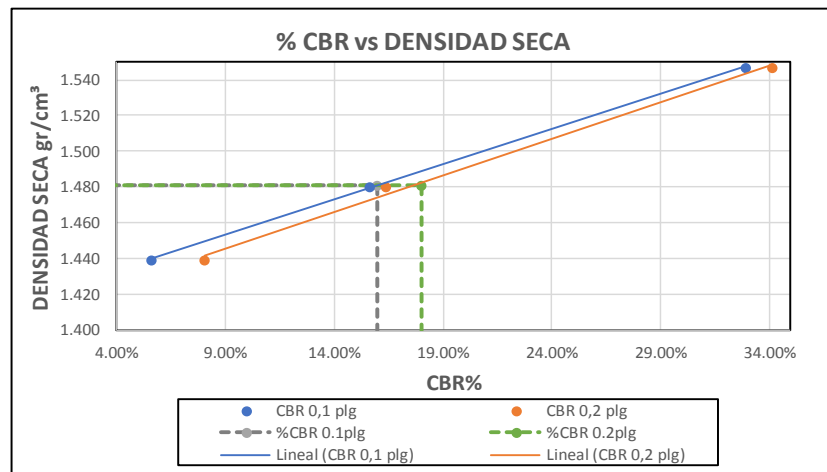
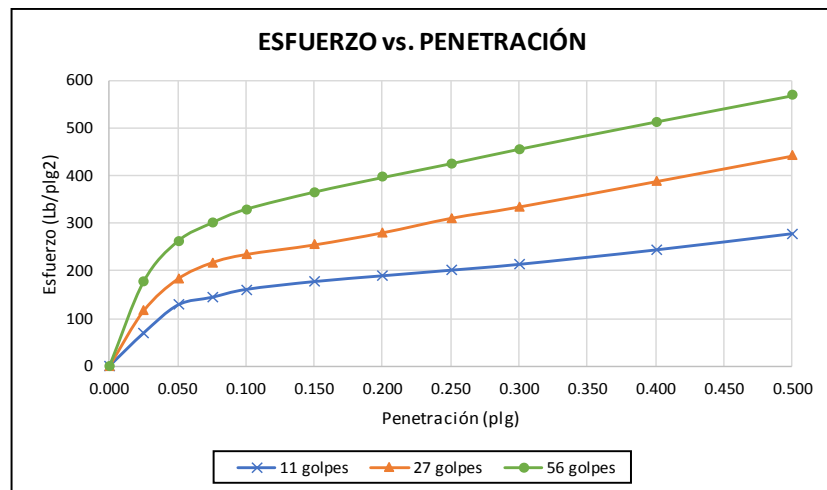
Tabla 131: Ensayo de CBR – muestra 4

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela					
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.					
UBICACIÓN:	San Francisco			REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	4			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	08/03/2022			Wópt:	11.90	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.1	Diámetro	15.1	Diámetro	15.1
	Altura	12.8	Altura	12.8	Altura	12.9
N° de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	11642		13247		12541	
Masa Molde (gr)	7845		8874		8014	
Masa muestra húmeda (gr)	3745		3824		4012	
Volumen muestra (cm3)	2292.14		2292.14		2310.05	
Peso unitario húmedo (gr/cm3)	1.634		1.668		1.737	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	30.1	31.1	33.1	30.2	30.3	31
Masa suelo hum+recip. (gr)	120.3	163.4	154.3	141.3	142.3	132.4
Masa suelo seco+recip. (gr)	109.4	147.9	140.5	128.9	130	121.4
Masa de agua (gr)	10.9	15.5	13.8	12.4	12.3	11
Masa suelo seco (gr)	79.3	116.8	107.4	98.7	99.7	90.4
Contenido de humedad W%	13.75%	13.27%	12.85%	12.56%	12.34%	12.17%
Promedio W%	13.51%		12.71%		12.25%	
Peso unitario seco (gr/cm3)	1.439		1.480		1.547	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	12312		13746		12937	
Masa Molde (gr)	7318		8874		8014	
Masa muestra húmeda (gr)	4994		4872		4923	
Volumen muestra (cm3)	2292.14		2292.14		2310.05	
Peso unitario húmedo (gr/cm3)	2.179		2.126		2.131	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	33.3	30.3	30	33.1	32.1	33.1
Masa suelo hum+recip. (gr)	195.6	136.4	183.3	127.9	162.4	152.3
Masa suelo seco+recip. (gr)	166.4	117.5	157.1	112.1	142.7	134.7
Masa de agua (gr)	29.2	18.9	26.2	15.8	19.7	17.6
Masa suelo seco (gr)	133.1	87.2	127.1	79	110.6	101.6
Contenido de humedad W%	21.94%	21.67%	20.61%	20.00%	17.81%	17.32%
Promedio W%	21.81%		20.31%		17.57%	

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
N° MOLDE	A		B		C	
Penetración (plg)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	207.30	69.10	348.10	116.03	532.40	177.47
0.050	383.10	127.70	548.90	182.97	786.10	262.03
0.075	431.60	143.87	651.70	217.23	901.40	300.47
0.100	481.40	160.47	704.10	234.70	987.30	329.10
0.150	530.80	176.93	764.70	254.90	1095.50	365.17
0.200	567.30	189.10	841.40	280.47	1187.40	395.80
0.250	602.40	200.80	932.90	310.97	1274.30	424.77
0.300	639.40	213.13	1004.60	334.87	1365.70	455.23
0.400	730.20	243.40	1164.80	388.27	1537.30	512.43
0.500	832.80	277.60	1326.80	442.27	1702.90	567.63



N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	160.47	16.05%	1.439	189.10	12.61%	1.439
B	234.70	23.47%	1.480	280.47	18.70%	1.480
C	329.10	32.91%	1.547	395.80	26.39%	1.547

Densidad Seca Máxima	1.559					
DSM	%CBR 0.1plg		%CBR 0.2plg		%CBR MAYOR	
95%	1.481	16.00%	18.96%	18.96%		



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

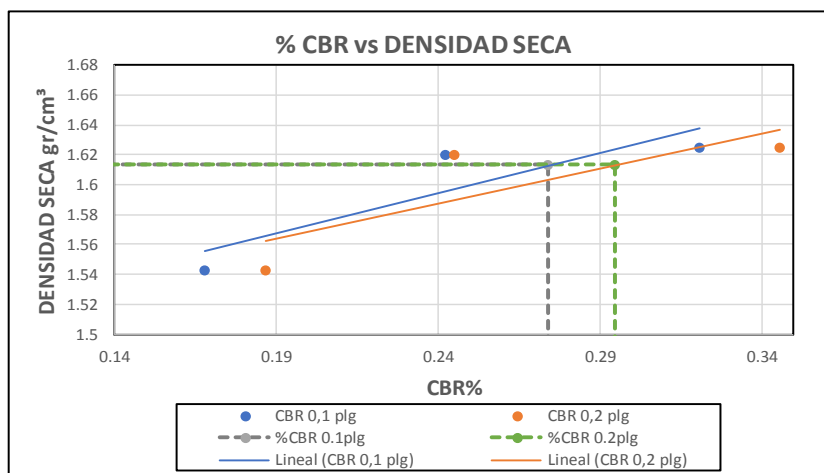
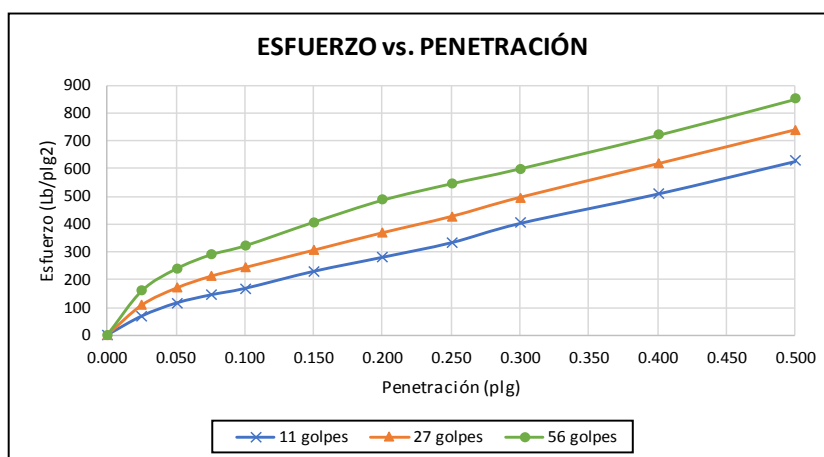
Tabla 132: Ensayo de CBR – muestra 5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) 						
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela					
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.					
UBICACIÓN:	San Francisco			REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	5			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	08/03/2022			Wópt:	14.75	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.1	Diámetro	15.1	Diámetro	15.1
	Altura	12.8	Altura	12.8	Altura	12.9
N° de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	11642		13247		12541	
Masa Molde (gr)	7845		8874		8014	
Masa muestra húmeda (gr)	4015		4186		4215	
Volumen muestra (cm ³)	2292.14		2292.14		2310.05	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.752		1.826		1.825	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	30.1	31.1	33.1	30.2	30.3	31
Masa suelo hum+recip. (gr)	120.3	163.4	154.3	141.3	142.3	132.4
Masa suelo seco+recip. (gr)	109.4	147.9	140.5	128.9	130	121.4
Masa de agua (gr)	10.9	15.5	13.8	12.4	12.3	11
Masa suelo seco (gr)	79.3	116.8	107.4	98.7	99.7	90.4
Contenido de humedad W%	13.75%	13.27%	12.85%	12.56%	12.34%	12.17%
Promedio W%	13.51%		12.71%		12.25%	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.543		1.620		1.625	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	12312		13746		12937	
Masa Molde (gr)	7318		8874		8014	
Masa muestra húmeda (gr)	4994		4872		4923	
Volumen muestra (cm ³)	2292.14		2292.14		2310.05	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	2.179		2.126		2.131	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	33.3	30.3	30	33.1	32.1	33.1
Masa suelo hum+recip. (gr)	195.6	136.4	183.3	127.9	162.4	152.3
Masa suelo seco+recip. (gr)	166.4	117.5	157.1	112.1	142.7	134.7
Masa de agua (gr)	29.2	18.9	26.2	15.8	19.7	17.6
Masa suelo seco (gr)	133.1	87.2	127.1	79	110.6	101.6
Contenido de humedad W%	21.94%	21.67%	20.61%	20.00%	17.81%	17.32%
Promedio W%	21.81%		20.31%		17.57%	

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
N° MOLDE	A		B		C	
Penetración (plg)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00
0.025	204.10	68.03	321.30	107.10	475.90	158.63
0.050	344.20	114.73	503.70	167.90	713.20	237.73
0.075	432.30	144.10	631.10	210.37	865.10	288.37
0.100	503.10	167.70	726.20	242.07	963.10	321.03
0.150	687.90	229.30	913.70	304.57	1218.70	406.23
0.200	840.30	280.10	1102.10	367.37	1456.70	485.57
0.250	998.10	332.70	1277.90	425.97	1634.20	544.73
0.300	1207.30	402.43	1484.70	494.90	1796.30	598.77
0.400	1525.10	508.37	1847.30	615.77	2157.40	719.13
0.500	1878.50	626.17	2214.30	738.10	2547.90	849.30



N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	167.70	16.77%	1.543	280.10	18.67%	1.543
B	242.07	24.21%	1.620	367.37	24.49%	1.620
C	321.03	32.10%	1.625	485.57	32.37%	1.625

Densidad Seca Máxima	1.698					
DSM	%CBR 0.1plg		%CBR 0.2plg		%CBR MAYOR	
95%	1.613		27.42%		29.45%	



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

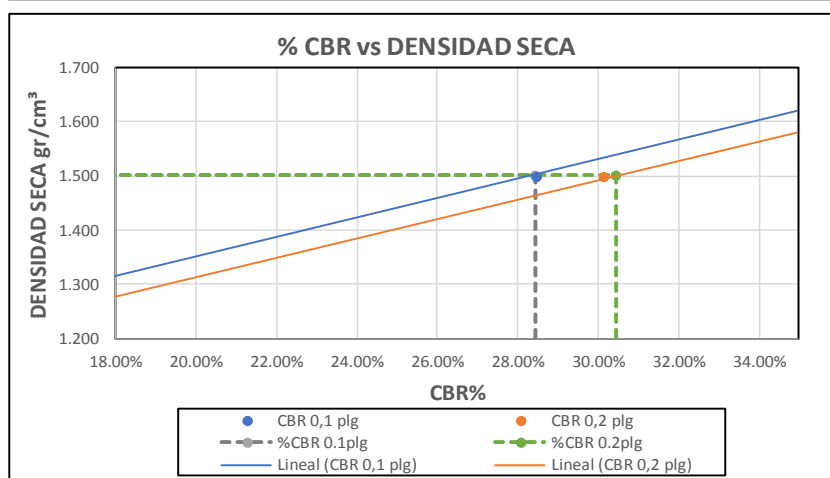
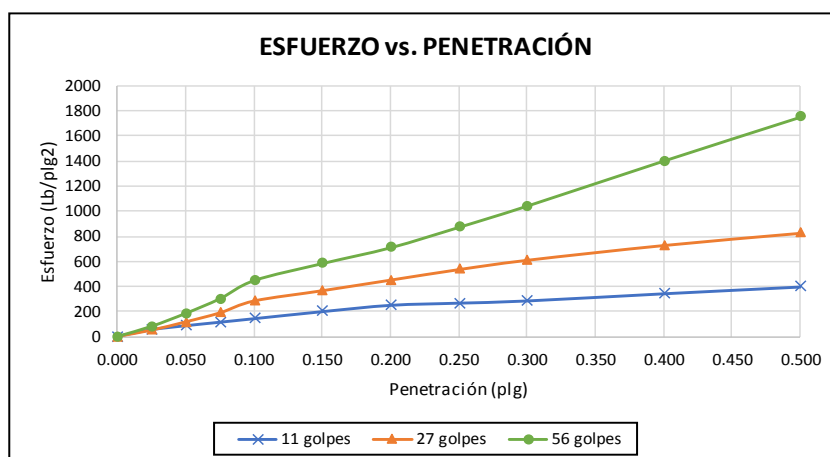
Tabla 133: Ensayo de CBR – muestra 6

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela					
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.					
UBICACIÓN:	San Francisco			REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	5			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	08/03/2022			Wópt:	12.10	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.1	Diámetro	15.1	Diámetro	15.1
	Altura	12.8	Altura	12.8	Altura	12.9
N° de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	11642		13247		12541	
Masa Molde (gr)	7845		8874		8014	
Masa muestra húmeda (gr)	3254		3875		4657	
Volumen muestra (cm ³)	2292.14		2292.14		2310.05	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.420		1.691		2.016	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	30.1	31.1	33.1	30.2	30.3	31
Masa suelo hum+recip. (gr)	120.3	163.4	154.3	141.3	142.3	132.4
Masa suelo seco+recip. (gr)	109.4	147.9	140.5	128.9	130	121.4
Masa de agua (gr)	10.9	15.5	13.8	12.4	12.3	11
Masa suelo seco (gr)	79.3	116.8	107.4	98.7	99.7	90.4
Contenido de humedad W%	13.75%	13.27%	12.85%	12.56%	12.34%	12.17%
Promedio W%	13.51%		12.71%		12.25%	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.251		1.500		1.796	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	12312		13746		12937	
Masa Molde (gr)	7318		8874		8014	
Masa muestra húmeda (gr)	4994		4872		4923	
Volumen muestra (cm ³)	2292.14		2292.14		2310.05	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	2.179		2.126		2.131	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	33.3	30.3	30	33.1	32.1	33.1
Masa suelo hum+recip. (gr)	195.6	136.4	183.3	127.9	162.4	152.3
Masa suelo seco+recip. (gr)	166.4	117.5	157.1	112.1	142.7	134.7
Masa de agua (gr)	29.2	18.9	26.2	15.8	19.7	17.6
Masa suelo seco (gr)	133.1	87.2	127.1	79	110.6	101.6
Contenido de humedad W%	21.94%	21.67%	20.61%	20.00%	17.81%	17.32%
Promedio W%	21.81%		20.31%		17.57%	

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
N° MOLDE	A		B		C	
Penetración (plg)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00
0.025	163.30	54.43	152.60	50.87	243.30	81.10
0.050	259.30	86.43	351.60	117.20	553.80	184.60
0.075	343.90	114.63	568.30	189.43	903.80	301.27
0.100	429.80	143.27	854.00	284.67	1338.30	446.10
0.150	600.80	200.27	1100.90	366.97	1745.30	581.77
0.200	754.00	251.33	1403.40	452.00	2125.00	708.33
0.250	806.50	268.83	1609.80	536.60	2614.50	871.50
0.300	860.40	286.80	1833.30	611.10	3124.00	1041.33
0.400	1034.20	344.73	2189.30	729.77	4203.30	1401.10
0.500	1198.60	399.53	2483.30	827.77	5254.30	1751.43



N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	143.27	14.33%	1.251	251.33	16.76%	1.251
B	284.67	28.47%	1.500	452.00	30.13%	1.500
C	446.10	44.61%	1.796	708.33	47.22%	1.796

Densidad Seca Máxima	1.581					
DSM		%CBR 0.1plg	%CBR 0.2plg	%CBR MAYOR		
95%	1.502	28.42%	30.45%	30.45%		



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

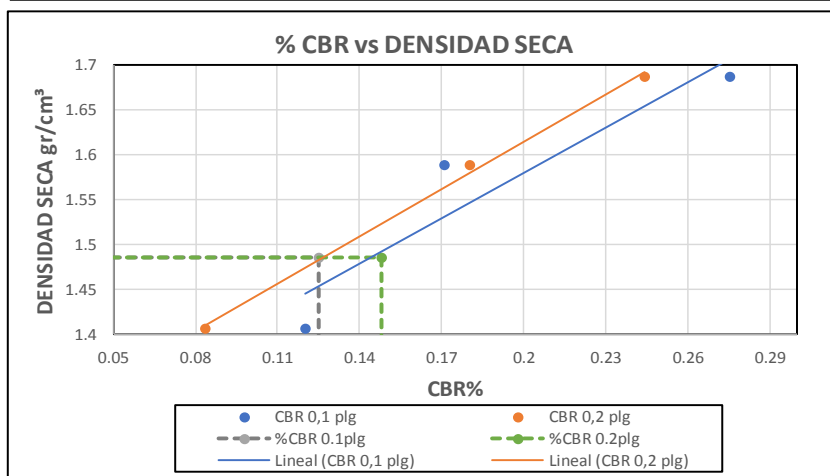
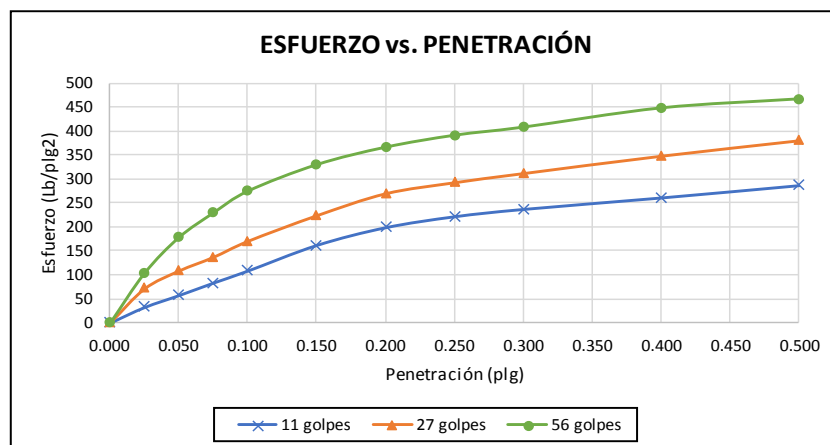
Tabla 134: Ensayo de CBR – muestra 7

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela					
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.					
UBICACIÓN:	San Antonio			REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	7			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	09/03/2022			Wópt:	14.25	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.2	Diámetro	15.2	Diámetro	15.1
	Altura	12.8	Altura	12.9	Altura	12.9
Nº de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	12451		10364		11587	
Masa Molde (gr)	8154		5941		6975	
Masa muestra húmeda (gr)	4298		4423		4612	
Volumen muestra (cm ³)	2322.60		2340.74		2310.05	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.851		1.890		1.996	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
Nº Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	40.3	40.1	40	41.1	40.1	40.3
Masa suelo hum+recip. (gr)	135.5	149.3	146.3	176.4	187.4	172.3
Masa suelo seco+recip. (gr)	112.5	123.3	128.6	155.8	165.3	151.2
Masa de agua (gr)	23	26	17.7	20.6	22.1	21.1
Masa suelo seco (gr)	72.2	83.2	88.6	114.7	125.2	110.9
Contenido de humedad W%	31.86%	31.25%	19.98%	17.96%	17.65%	19.03%
Promedio W%	31.55%		18.97%		18.34%	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.407		1.588		1.687	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	12857		10687		11857	
Masa Molde (gr)	8154		5941		6975	
Masa muestra húmeda (gr)	4703		4746		4882	
Volumen muestra (cm ³)	2322.60		2340.74		2310.05	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	2.025		2.028		2.113	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Nº Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	33	33.1	31	33.2	31	31.1
Masa suelo hum+recip. (gr)	171.3	168.3	163.4	192.2	158.7	165.3
Masa suelo seco+recip. (gr)	148.1	145.8	143.5	168.9	141.9	146.9
Masa de agua (gr)	23.2	22.5	19.9	23.3	16.8	18.4
Masa suelo seco (gr)	115.1	112.7	112.5	135.7	110.9	115.8
Contenido de humedad W%	20.16%	19.96%	17.69%	17.17%	15.15%	15.89%
Promedio W%	20.06%		17.43%		15.52%	

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
N° MOLDE	A		B		C	
Penetración (plg)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	97.50	32.50	214.50	71.50	312.40	104.13
0.050	172.30	57.43	326.50	108.83	536.10	178.70
0.075	250.30	83.43	412.30	137.43	689.70	229.90
0.100	325.60	108.53	512.30	170.77	825.60	275.20
0.150	485.60	161.87	672.80	224.27	991.20	330.40
0.200	596.50	198.83	810.50	270.17	1100.20	366.73
0.250	664.80	221.60	879.50	293.17	1174.80	391.60
0.300	710.70	236.90	936.80	312.27	1225.60	408.53
0.400	782.30	260.77	1045.60	348.53	1345.70	448.57
0.500	859.20	286.40	1142.30	380.77	1402.10	467.37



N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	108.53	10.85%	1.407	198.83	13.26%	1.407
B	170.77	17.08%	1.588	270.17	18.01%	1.588
C	275.20	27.52%	1.687	366.73	24.45%	1.687

Densidad Seca Máxima	1.564					
DSM		%CBR 0.1plg	%CBR 0.2plg	%CBR MAYOR		
95%	1.486	12.50%	14.80%	14.80%		



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

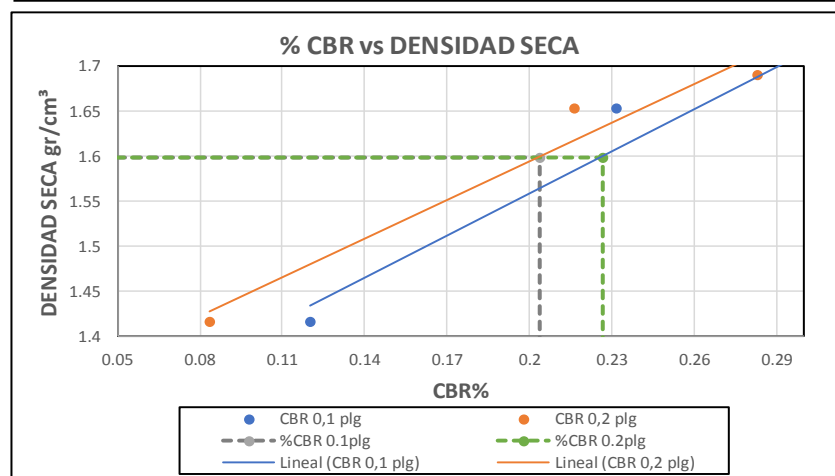
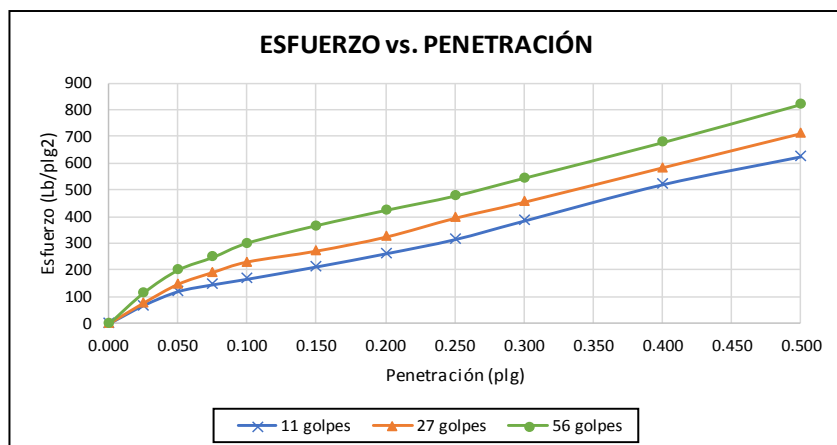
Tabla 135: Ensayo de CBR – muestra 8

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) 						
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela					
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.					
UBICACIÓN:	San Antonio			REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	7			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	09/03/2022			Wópt:	17.50	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.2	Diámetro	15.2	Diámetro	15.1
	Altura	12.8	Altura	12.9	Altura	12.9
N° de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	12451		10364		11587	
Masa Molde (gr)	8154		5941		6975	
Masa muestra húmeda (gr)	4328		4603		4620	
Volumen muestra (cm ³)	2322.60		2340.74		2310.05	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.863		1.966		2.000	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	40.3	40.1	40	41.1	40.1	40.3
Masa suelo hum+recip. (gr)	135.5	149.3	146.3	176.4	187.4	172.3
Masa suelo seco+recip. (gr)	112.5	123.3	128.6	155.8	165.3	151.2
Masa de agua (gr)	23	26	17.7	20.6	22.1	21.1
Masa suelo seco (gr)	72.2	83.2	88.6	114.7	125.2	110.9
Contenido de humedad W%	31.86%	31.25%	19.98%	17.96%	17.65%	19.03%
Promedio W%	31.55%		18.97%		18.34%	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.416		1.653		1.690	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	12857		10687		11857	
Masa Molde (gr)	8154		5941		6975	
Masa muestra húmeda (gr)	4703		4746		4882	
Volumen muestra (cm ³)	2322.60		2340.74		2310.05	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	2.025		2.028		2.113	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	33	33.1	31	33.2	31	31.1
Masa suelo hum+recip. (gr)	171.3	168.3	163.4	192.2	158.7	165.3
Masa suelo seco+recip. (gr)	148.1	145.8	143.5	168.9	141.9	146.9
Masa de agua (gr)	23.2	22.5	19.9	23.3	16.8	18.4
Masa suelo seco (gr)	115.1	112.7	112.5	135.7	110.9	115.8
Contenido de humedad W%	20.16%	19.96%	17.69%	17.17%	15.15%	15.89%
Promedio W%	20.06%		17.43%		15.52%	

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
N° MOLDE	A		B		C	
Penetración (plg)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	205.40	68.47	234.20	78.07	347.30	115.77
0.050	361.90	120.63	445.30	148.43	604.20	201.40
0.075	438.10	146.03	577.40	192.47	746.30	248.77
0.100	501.10	167.03	695.20	231.73	907.20	302.40
0.150	639.30	213.10	817.40	272.47	1103.70	367.90
0.200	786.40	262.13	974.20	324.73	1274.60	424.87
0.250	946.20	315.40	1185.80	395.27	1435.60	478.53
0.300	1154.70	384.90	1365.70	455.23	1635.70	545.23
0.400	1562.40	520.80	1752.90	584.30	2035.40	678.47
0.500	1876.20	625.40	2136.90	712.30	2463.10	821.03



N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	167.03	16.70%	1.416	262.13	17.48%	1.416
B	231.73	23.17%	1.653	324.73	21.65%	1.653
C	302.40	30.24%	1.690	424.87	28.32%	1.690

Densidad Seca Máxima	1.682					
DSM		%CBR 0.1plg	%CBR 0.2plg	%CBR MAYOR		
95%	1.598	20.41%	14.80%	14.80%		



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

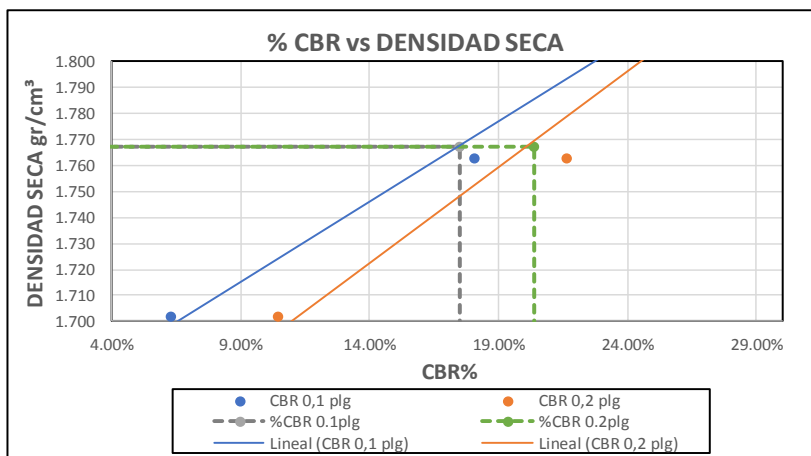
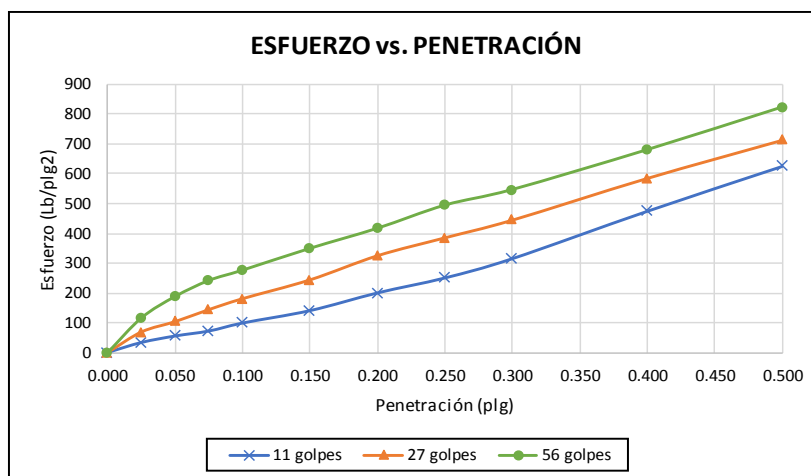
Tabla 136: Ensayo de CBR – muestra 9

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) 						
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela					
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.					
UBICACIÓN:	Surangay			REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	9			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	10/03/2022			Wópt:	11.35	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.2	Diámetro	15.2	Diámetro	15.1
	Altura	12.9	Altura	12.8	Altura	12.8
N° de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	12714		13658		10491	
Masa Molde (gr)	8521		9215		5836	
Masa muestra húmeda (gr)	4193		4443		4655	
Volumen muestra (cm ³)	2340.74		2322.60		2292.14	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.791		1.913		2.031	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	30.3	30	30	30.1	30.3	32.2
Masa suelo hum+recip. (gr)	165.2	141.3	112.1	123.2	125.4	147.3
Masa suelo seco+recip. (gr)	159.6	136.9	104.6	114.9	113.2	134.7
Masa de agua (gr)	5.6	4.4	7.5	8.3	12.2	12.6
Masa suelo seco (gr)	129.3	106.9	74.6	84.8	82.9	102.5
Contenido de humedad W%	4.33%	4.12%	10.05%	9.79%	14.72%	12.29%
Promedio W%	4.22%		9.92%		13.50%	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.719		1.740		1.789	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	13084		13985		10731	
Masa Molde (gr)	8459		9218		5836	
Masa muestra húmeda (gr)	4625		4767		4895	
Volumen muestra (cm ³)	2340.74		2322.60		2292.14	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.976		2.052		2.136	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	32.2	32.2	31.2	31.1	33.1	31.2
Masa suelo hum+recip. (gr)	176.3	167.8	165.6	117.8	167.8	176.3
Masa suelo seco+recip. (gr)	145.5	139.2	139.5	100.8	139.2	145.1
Masa de agua (gr)	30.8	28.6	26.1	17	28.6	31.2
Masa suelo seco (gr)	113.3	107	108.3	69.7	106.1	113.9
Contenido de humedad W%	27.18%	26.73%	24.10%	24.39%	26.96%	27.39%
Promedio W%	26.96%		24.24%		27.17%	

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
N° MOLDE	A		B		C	
Penetración (plg)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	100.30	33.43	206.30	68.77	347.30	115.77
0.050	165.60	55.20	310.60	103.53	562.30	187.43
0.075	215.70	71.90	431.50	143.83	722.60	240.87
0.100	296.30	98.77	541.50	180.50	825.90	275.30
0.150	421.80	140.60	731.20	243.73	1045.20	348.40
0.200	600.30	200.10	974.20	324.73	1246.80	415.60
0.250	801.67	250.50	1154.60	384.87	1478.60	492.87
0.300	945.70	315.23	1332.50	444.17	1635.70	545.23
0.400	1423.60	474.53	1752.90	584.30	2035.40	678.47
0.500	1876.20	625.40	2136.90	712.30	2463.10	821.03



N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	63.20	6.32%	1.702	156.40	10.43%	1.702
B	180.50	18.05%	1.763	324.73	21.65%	1.763
C	275.30	27.53%	1.834	415.60	27.71%	1.834

Densidad Seca Máxima	1.860				
DSM		%CBR 0.1plg	%CBR 0.2plg	%CBR MAYOR	
95%	1.767	17.50%	20.36%	20.36%	



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

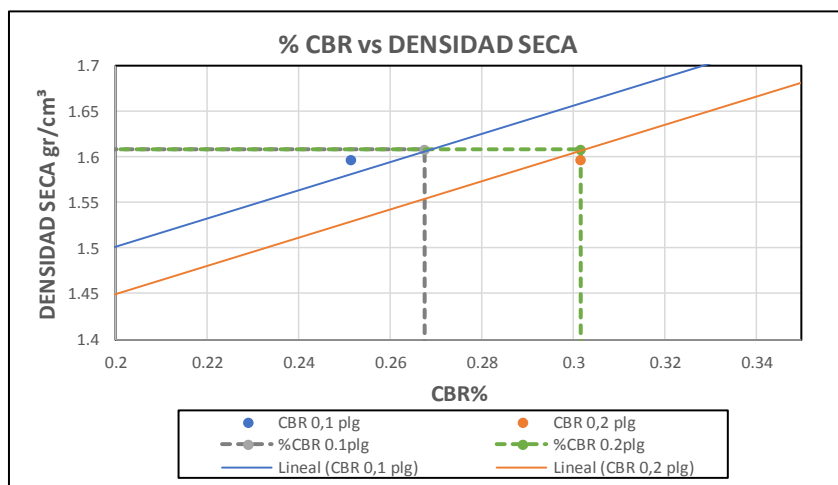
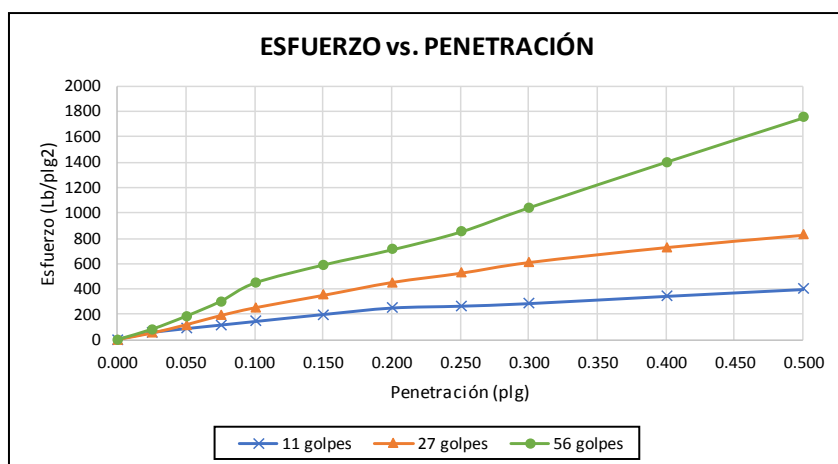
Tabla 137: Ensayo de CBR – muestra 10

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) 						
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela					
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.					
UBICACIÓN:	San Francisco			REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	5			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	10/03/2022			Wópt:	14.00	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.1	Diámetro	15.1	Diámetro	15.1
	Altura	12.8	Altura	12.8	Altura	12.9
N° de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	11642		13247		12541	
Masa Molde (gr)	7845		8874		8014	
Masa muestra húmeda (gr)	3654		4125		4864	
Volumen muestra (cm ³)	2292.14		2292.14		2310.05	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.594		1.800		2.106	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	30.1	31.1	33.1	30.2	30.3	31
Masa suelo hum+recip. (gr)	120.3	163.4	154.3	141.3	142.3	132.4
Masa suelo seco+recip. (gr)	109.4	147.9	140.5	128.9	130	121.4
Masa de agua (gr)	10.9	15.5	13.8	12.4	12.3	11
Masa suelo seco (gr)	79.3	116.8	107.4	98.7	99.7	90.4
Contenido de humedad W%	13.75%	13.27%	12.85%	12.56%	12.34%	12.17%
Promedio W%	13.51%		12.71%		12.25%	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.404		1.597		1.876	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	12312		13746		12937	
Masa Molde (gr)	7318		8874		8014	
Masa muestra húmeda (gr)	4994		4872		4923	
Volumen muestra (cm ³)	2292.14		2292.14		2310.05	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	2.179		2.126		2.131	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	33.3	30.3	30	33.1	32.1	33.1
Masa suelo hum+recip. (gr)	195.6	136.4	183.3	127.9	162.4	152.3
Masa suelo seco+recip. (gr)	166.4	117.5	157.1	112.1	142.7	134.7
Masa de agua (gr)	29.2	18.9	26.2	15.8	19.7	17.6
Masa suelo seco (gr)	133.1	87.2	127.1	79	110.6	101.6
Contenido de humedad W%	21.94%	21.67%	20.61%	20.00%	17.81%	17.32%
Promedio W%	21.81%		20.31%		17.57%	

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
N° MOLDE	A		B		C	
Penetración (plg)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00
0.025	163.30	54.43	152.60	50.87	243.30	81.10
0.050	259.30	86.43	351.60	117.20	553.80	184.60
0.075	343.90	114.63	568.30	189.43	903.80	301.27
0.100	429.80	143.27	754.00	251.33	1338.30	446.10
0.150	598.40	199.47	1051.40	350.47	1765.80	588.60
0.200	754.00	251.33	1403.40	452.30	2125.00	708.33
0.250	798.20	266.07	1531.50	525.60	2546.70	848.90
0.300	860.40	286.80	1833.30	611.10	3124.00	1041.33
0.400	1034.20	344.73	2189.30	729.77	4203.30	1401.10
0.500	1198.60	399.53	2483.30	827.77	5254.30	1751.43



N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	143.27	14.33%	1.404	251.33	16.76%	1.404
B	251.33	25.13%	1.597	452.30	30.15%	1.597
C	446.10	44.61%	1.876	708.33	47.22%	1.876

Densidad Seca Máxima	1.693					
DSM		%CBR 0.1plg	%CBR 0.2plg	%CBR MAYOR		
95%	1.608	26.75%	30.15%	30.15%		



Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

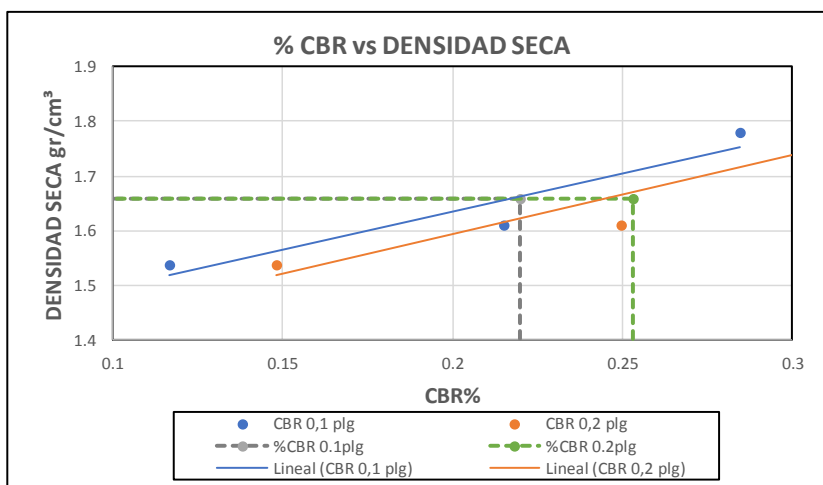
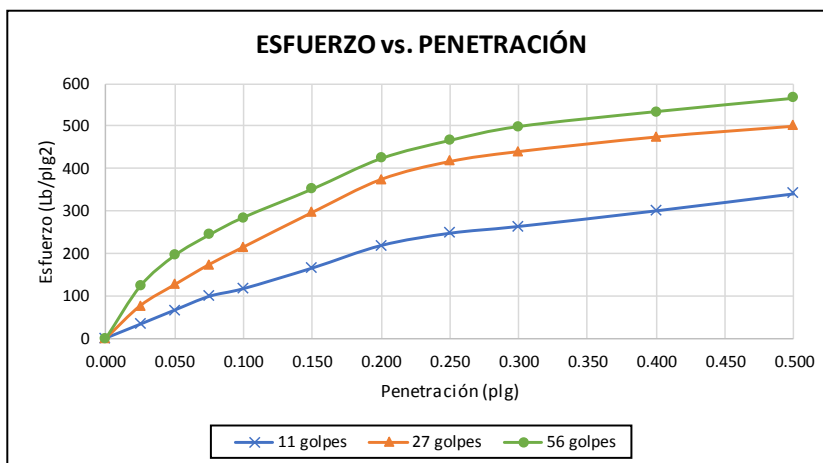
Tabla 138: Ensayo de CBR – muestra 11

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela					
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.					
UBICACIÓN:	Segovia Centro			REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	11			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	10/03/2022			Wópt:	11.2	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.3	Diámetro	15.2	Diámetro	15.2
	Altura	12.5	Altura	12.5	Altura	12.46
N° de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	11254		11359		10984	
Masa Molde (gr)	7007		7096		6431	
Masa muestra húmeda (gr)	4247		4263		4452	
Volumen muestra (cm ³)	2298.11		2268.16		2260.90	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.848		1.879		1.969	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	32.8	32.8	33.1	31.7	32.1	32.9
Masa suelo hum+recip. (gr)	142.5	134.8	112.8	134.7	139.2	117.9
Masa suelo seco+recip. (gr)	123.4	118.4	102.8	118.2	128.6	110.00
Masa de agua (gr)	19.1	16.4	10	16.5	10.6	7.9
Masa suelo seco (gr)	90.6	85.6	69.7	86.5	96.5	77.1
Contenido de humedad W%	21.08%	19.16%	14.35%	19.08%	10.98%	10.25%
Promedio W%	20.12%		16.71%		10.62%	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.538		1.610		1.780	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11591		11619		11124	
Masa Molde (gr)	7007		7096		6431	
Masa muestra húmeda (gr)	4584		4523		4693	
Volumen muestra (cm ³)	2298.11		2268.16		2260.90	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.995		1.994		2.076	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	31.9	32.7	33.5	31.8	32.9	31.8
Masa suelo hum+recip. (gr)	159.7	163.4	162.7	157.4	167.7	141.3
Masa suelo seco+recip. (gr)	141.7	136.4	135.9	132.8	144.5	125.9
Masa de agua (gr)	18	27	26.8	24.6	23.2	15.4
Masa suelo seco (gr)	109.8	103.7	102.4	101	111.6	94.1
Contenido de humedad W%	16.39%	26.04%	26.17%	24.36%	20.79%	16.37%
Promedio W%	21.22%		25.26%		18.58%	

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
N° MOLDE	A		B		C	
Penetración (plg)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	98.50	32.83	230.10	76.70	368.70	122.90
0.050	198.50	66.17	378.90	126.30	585.10	195.03
0.075	295.40	98.47	521.30	173.77	729.80	243.27
0.100	350.20	116.73	645.30	215.10	854.10	284.70
0.150	496.20	165.40	890.40	296.80	1054.60	351.53
0.200	655.70	218.57	1123.60	374.53	1270.60	423.53
0.250	742.40	247.47	1250.30	416.77	1398.70	466.23
0.300	790.60	263.53	1320.60	440.20	1497.20	499.07
0.400	901.30	300.43	1423.60	474.53	1602.80	534.27
0.500	1021.60	340.53	1500.30	500.10	1697.20	565.73



N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	116.73	11.67%	1.538	218.57	14.57%	1.538
B	215.10	21.51%	1.610	374.53	24.97%	1.610
C	284.70	28.47%	1.780	423.53	28.24%	1.780

Densidad Seca Máxima	1.746					
DSM	%CBR 0.1plg		%CBR 0.2plg		%CBR MAYOR	
95%	1.659	22.00%	25.60%	25.60%		



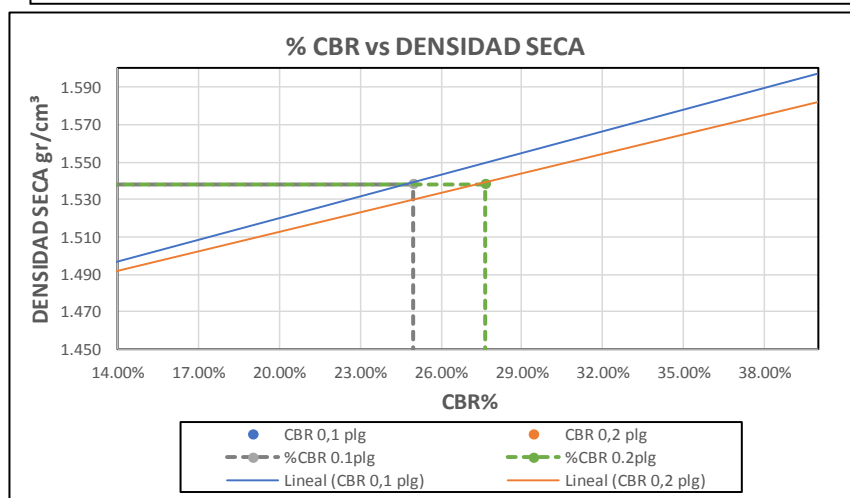
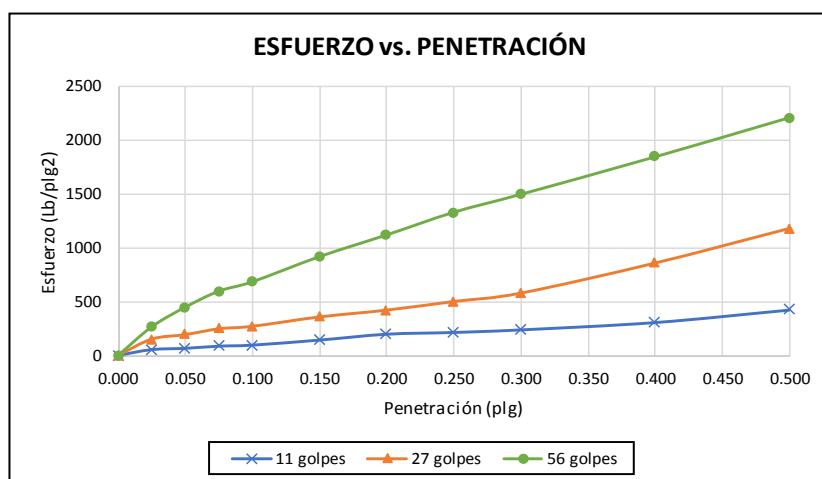
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 139: Ensayo de CBR – muestra 12

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) 						
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela					
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.					
UBICACIÓN:	La Florida Bajo			REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:	2			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	10/03/2022			Wópt:	15.20	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.2	Diámetro	15.23	Diámetro	15.2
	Altura	12.4	Altura	12.4	Altura	12.4
N° de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	13673		13992		10953	
Masa Molde (gr)	9328		9652		6453	
Masa muestra húmeda (gr)	3854		4365		4354	
Volumen muestra (cm ³)	2250.02		2258.91		2250.02	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.713		1.932		1.935	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	32.35	33.47	33	31.56	32.35	30.42
Masa suelo hum+recip. (gr)	92.54	96.5	120.92	88.14	128.92	103.13
Masa suelo seco+recip. (gr)	82.56	84.6	106.8	80.48	116.12	93.35
Masa de agua (gr)	9.98	11.9	14.12	7.66	12.8	9.78
Masa suelo seco (gr)	50.21	51.13	73.8	48.92	83.77	62.93
Contenido de humedad W%	19.88%	23.27%	19.13%	15.66%	15.28%	15.54%
Promedio W%	21.58%		17.40%		15.41%	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.409		1.646		1.677	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	13933		14154		11002	
Masa Molde (gr)	9328		9652		6453	
Masa muestra húmeda (gr)	4605		4502		4549	
Volumen muestra (cm ³)	2250.02		2258.91		2250.02	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	2.047		1.993		2.022	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	30.8	30.9	31.2	31.1	30.9	30.9
Masa suelo hum+recip. (gr)	268.4	256.8	198.6	184.5	215.4	227.3
Masa suelo seco+recip. (gr)	222.4	214.8	167.2	156.7	182.7	191.5
Masa de agua (gr)	46	42	31.4	27.8	32.7	35.8
Masa suelo seco (gr)	191.6	183.9	136	125.6	151.8	160.6
Contenido de humedad W%	24.01%	22.84%	23.09%	22.13%	21.54%	22.29%
Promedio W%	23.42%		22.61%		21.92%	



ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN						
Máquina de compresión simple	Área Pistón = 3 plg ²		Vel.Carga = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)			
N° MOLDE	A		B		C	
Penetración (plg)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)	dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	159.80	53.27	450.30	150.10	794.60	264.87
0.050	196.30	65.43	575.20	191.73	1340.30	446.77
0.075	256.80	85.60	735.60	245.20	1785.60	595.20
0.100	285.90	95.30	805.90	268.63	2045.80	681.93
0.150	427.90	142.63	1064.80	354.93	2745.70	915.23
0.200	592.30	197.43	1254.30	418.10	3349.90	1116.63
0.250	641.60	213.87	1493.50	497.83	3978.60	1326.20
0.300	713.90	237.97	1726.30	575.43	4478.00	1492.67
0.400	919.50	306.50	2560.30	853.43	5520.00	1840.00
0.500	1269.80	423.27	3520.00	1173.33	6610.00	2203.33

N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	95.30	9.53%	1.409	197.43	13.16%	1.409
B	268.63	26.86%	1.646	418.10	27.87%	1.646
C	681.93	68.19%	1.677	1116.63	74.44%	1.677
Densidad Seca Máxima	1.619					
DSM		%CBR 0.1plg		%CBR 0.2plg	%CBR MAYOR	
95%	1.538	24.95%		27.62%	27.62%	

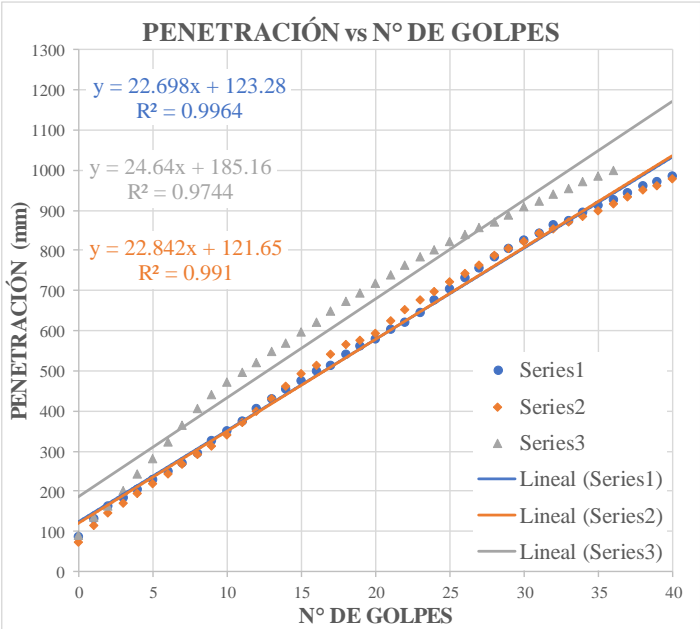


Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 140: Ensayo DCP – muestra 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03			
REALIZADO POR:		Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela	
PROYECTO:		Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.	
UBICACIÓN:		Huambaló Centro	REVISADO POR: Ing. Mg. Lorena Pérez
ID. DE MUESTRA:		1	
FECHA:		26/02/2022	NORMA: ASTM D 6951 03



ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	P1	P2	P3
0	88	75	90
1	131	115	135
2	162	146	163
3	184	171	201
4	206	195	243
5	231	220	281
6	251	242	322
7	272	268	365
8	295	293	405
9	325	312	441
10	351	342	471
11	376	370	496
12	406	400	522
13	430	431	550
14	454	462	571
15	477	492	597
16	501	515	622
17	515	542	648
18	542	566	673
19	562	576	695
20	581	592	717
21	603	626	741
22	623	652	762
23	646	677	783
24	676	699	802
25	704	723	822
26	731	742	841
27	757	764	856
28	783	788	872
29	805	806	890
30	825	824	910
31	842	843	922
32	863	853	940
33	876	872	956
34	895	884	971
35	911	900	985
36	928	916	1000
37	943	933	
38	960	950	
39	972	962	
40	984	979	



DN (mm/golpe)		DN (prom)
1	22.699	
2	24.640	
3	22.842	23.39

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

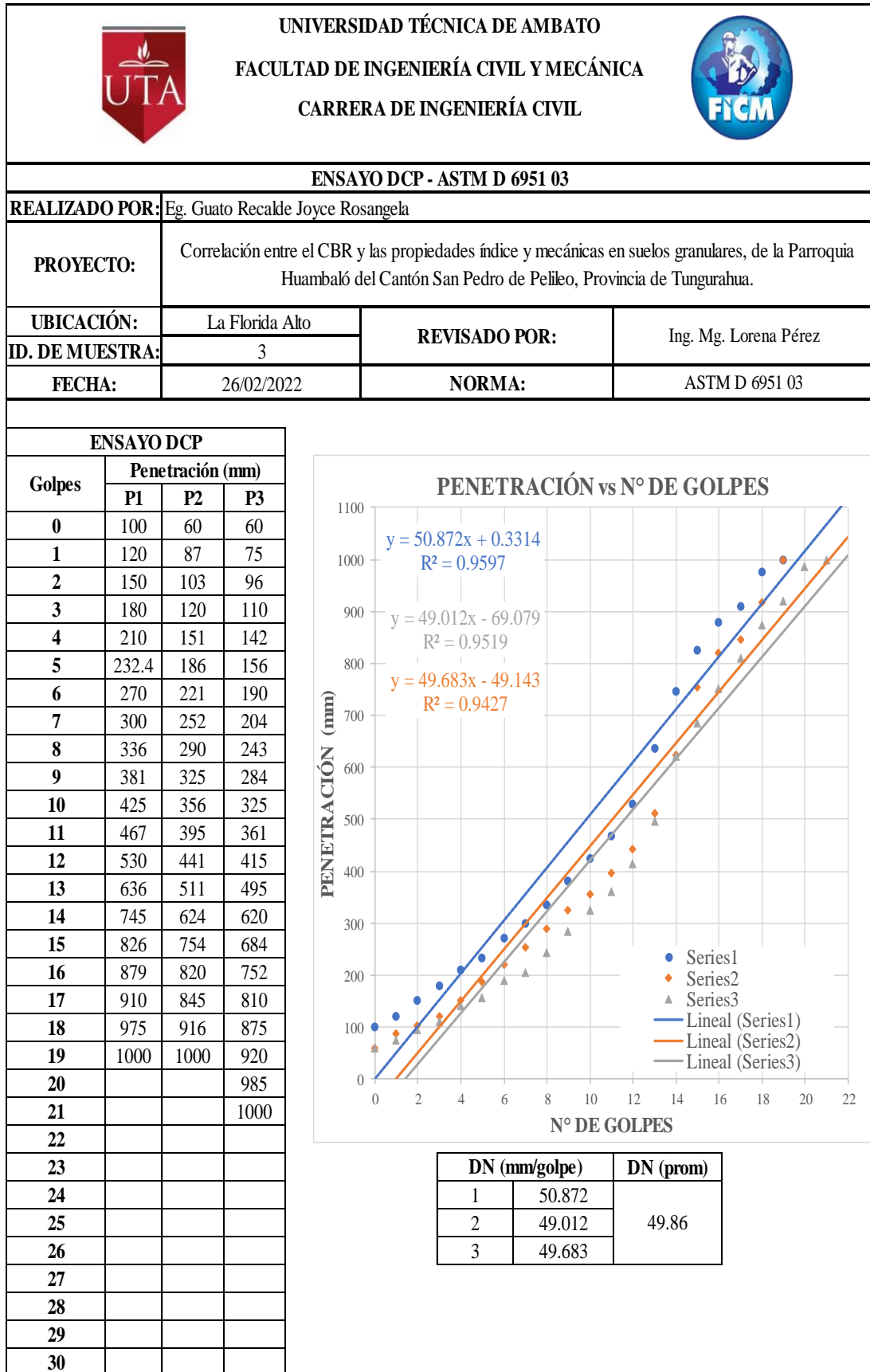
Tabla 141: Ensayo DCP – muestra 2

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03					
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela				
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
UBICACIÓN:	La Florida Bajo	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez		
ID. DE MUESTRA:	2	NORMA:	ASTM D 6951 03		
FECHA:	26/02/2022				
ENSAYO DCP					
Golpes	Penetración (mm)				
	P1	P2	P3		
0	80	81	60		
1	125	124	102		
2	153	154	119		
3	179	192	137		
4	200	221	147		
5	224	247	163		
6	246	267	177		
7	264	292	193		
8	283	311	208		
9	302	335	216		
10	331	355	232		
11	347	377	244		
12	369	395	260		
13	390	419	271		
14	402	436	284		
15	435	441	296		
16	456	482	311		
17	477	501	324		
18	502	521	342		
19	523	533	360		
20	541	543	379		
21	562	563	398		
22	577	574	416		
23	596	596	437		
24	607	614	455		
25	632	632	470		
26	641	646	490		
27	669	663	508		
28	684	677	523		
29	702	692	540		
30	715	704	559		
31	733	726	576		
32	749	739	597		
33	766	753	615		
34	784	766	630		
35	803	781	647		
36	821	792	665		
37	836	809	682		
38	855	831	700		
39	874	841	716		
40	892	862	734		
41	913	885	752		
42	933	903	774		
43	944	923	799		
44	966	936	818		
45	1000	953	842		
46		971	862		
47		987	883		
48		1000	905		

DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	19.334
2	17.818
3	16.936
18.03	



Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 142: Ensayo DCP – muestra 3

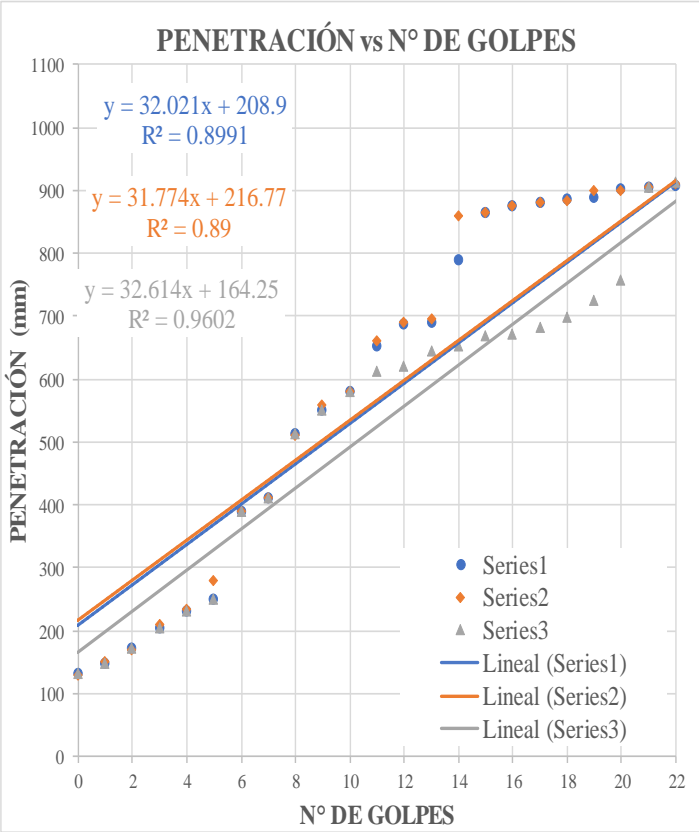


Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 143: Ensayo DCP – muestra 4

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03			
REALIZADO POR:		Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela	
PROYECTO:		Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.	
UBICACIÓN:		San Francisco	REVISADO POR: Ing. Mg. Lorena Pérez
ID. DE MUESTRA:		4	
FECHA:		26/02/2022	NORMA: ASTM D 6951 03



ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	P1	P2	P3
0	132	130	132
1	147	150	147
2	172	170	172
3	205	210	205
4	232	235	232
5	250	280	250
6	390	390	390
7	410	410	410
8	512	510	512
9	550	560	550
10	581	580	581
11	652	660	612
12	687	690	620
13	690	695	645
14	789	860	654
15	865	865	668
16	875	875	672
17	880	880	682
18	887	885	698
19	890	900	725
20	903	900	758
21	905	905	905
22	909	910	912
23	915	915	910
24	929	930	936
25	936	935	965
26	948	950	984
27	976	970	1000
28	979	975	
29	1000	1000	

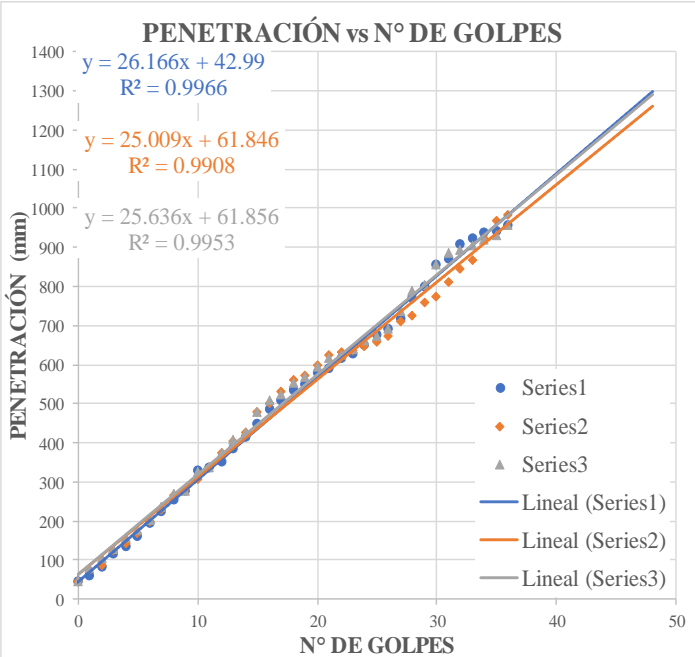


DN (mm/golpe)		DN (prom)
1	32.021	
2	31.774	
3	32.614	

Fuent: Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 144: Ensayo DCP – muestra 5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
			
			
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03			
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela		
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.		
UBICACIÓN:	Huambaló Centro	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez
ID. DE MUESTRA:	5		
FECHA:	26/02/2022	NORMA:	ASTM D 6951 03
ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	P1	P2	P3
0	45	45	45
1	60	75	80
2	82	86	105
3	116	125	129
4	135	142	159
5	160	170	176
6	196	198	203
7	225	229	235
8	255	265	268
9	278	282	276
10	330	308	326
11	335	335	336
12	352	373	375
13	387	405	406
14	415	425	425
15	450	480	480
16	485	502	507
17	510	530	525
18	535	562	555
19	550	571	568
20	578	597	596
21	592	624	617
22	618	631	625
23	627	635	639
24	649	648	663
25	675	659	673
26	693	672	693
27	719	712	735
28	769	725	790
29	800	759	805
30	855	774	855
31	872	812	884
32	910	845	895
33	925	867	906
34	937	925	921
35	942	968	931
36	955	983	955
48			



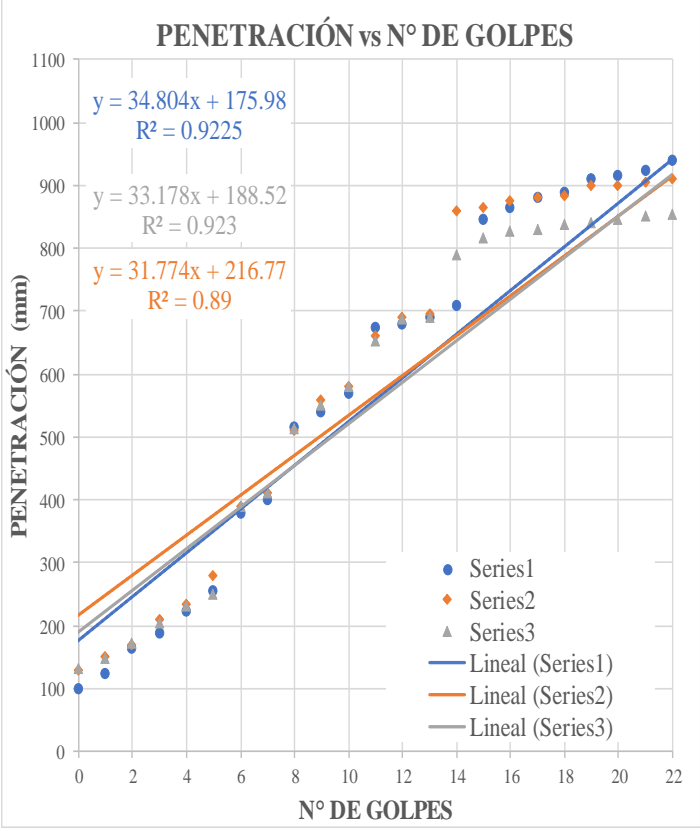
DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	26.166
2	25.009
3	25.636
25.68	

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 145: Ensayo DCP – muestra 6

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03			
REALIZADO POR:		Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela	
PROYECTO:		Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.	
UBICACIÓN:		Huambaló Centro	REVISADO POR: Ing. Mg. Lorena Pérez
ID. DE MUESTRA:		6	
FECHA:		26/02/2022	NORMA: ASTM D 6951 03



ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	P1	P2	P3
0	100	130	132
1	124	150	147
2	165	170	172
3	189	210	205
4	224	235	232
5	255	280	250
6	379	390	390
7	400	410	410
8	515	510	512
9	540	560	550
10	569	580	581
11	675	660	652
12	680	690	687
13	690	695	690
14	710	860	789
15	845	865	816
16	865	875	826
17	880	880	829
18	890	885	837
19	910	900	840
20	915	900	846
21	925	905	851
22	940	910	854
23	955	915	915
24	960	930	925
25	970	935	926
26	975	950	956
27	989	970	1000
28	1000	975	
29		1000	
30			



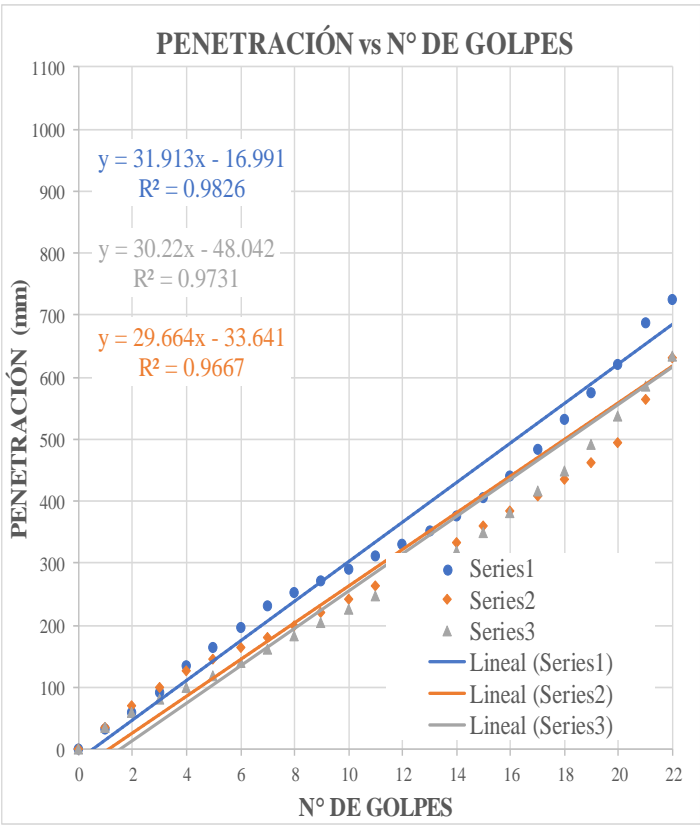
DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	34.804
2	31.774
3	33.178

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 146: Ensayo DCP – muestra 7

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03			
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela		
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.		
UBICACIÓN:	San Antonio	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez
ID. DE MUESTRA:	7	NORMA:	ASTM D 6951 03
FECHA:	27/02/2022		



ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	P1	P2	P3
0	0	0	0
1	31	36	36
2	58	69	59
3	91	100	80
4	134	125	99
5	164	144	118
6	195	163	140
7	231	181	160
8	252	200	182
9	271	220	205
10	291	241	226
11	312	262	248
12	331	281	272
13	351	305	295
14	376	332	320
15	406	360	348
16	441	385	382
17	483	409	416
18	532	435	449
19	576	462	492
20	621	493	537
21	688	564	586
22	724	632	635
23	759	674	677
24	791	728	725
25	821	780	762
26		818	797
27		829	832
28		840	
29			
30			



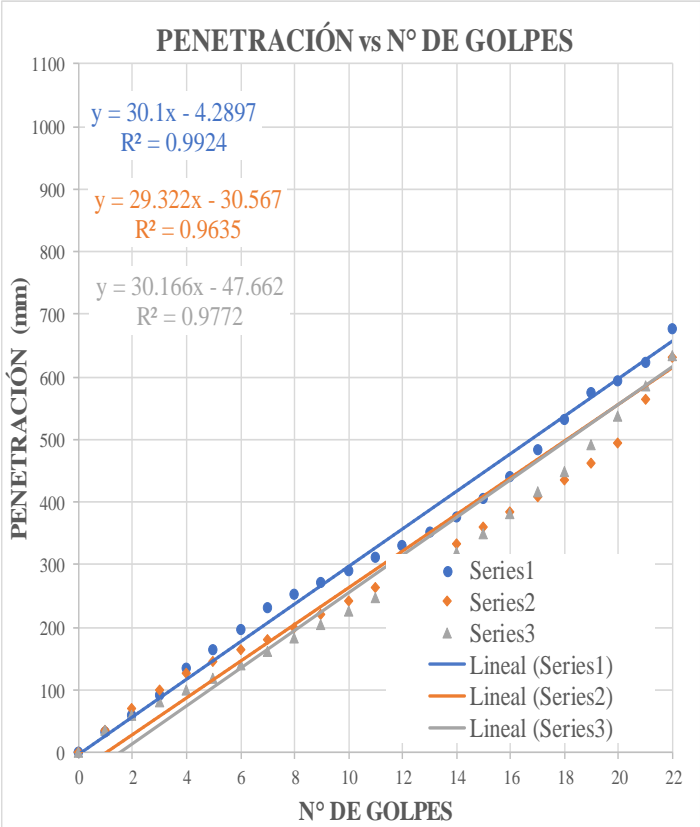
DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	31.913
2	29.664
3	30.220

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 147: Ensayo DCP – muestra 8

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03			
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela		
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.		
UBICACIÓN:	San José	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez
ID. DE MUESTRA:	8		
FECHA:	27/02/2022	NORMA:	ASTM D 6951 03



ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	P1	P2	P3
0	0	0	0
1	31	36	36
2	58	69	59
3	91	100	80
4	134	125	99
5	164	144	118
6	195	163	140
7	231	181	160
8	252	200	182
9	271	220	205
10	291	241	226
11	312	262	248
12	331	281	272
13	351	305	295
14	376	332	320
15	406	360	348
16	441	385	382
17	483	409	416
18	532	435	449
19	576	462	492
20	593	493	537
21	624	564	586
22	678	632	635
23	729	674	677
24	756	728	725
25	768	780	762
26	796	818	785
27	805	829	811
28	821		820
29			
30			



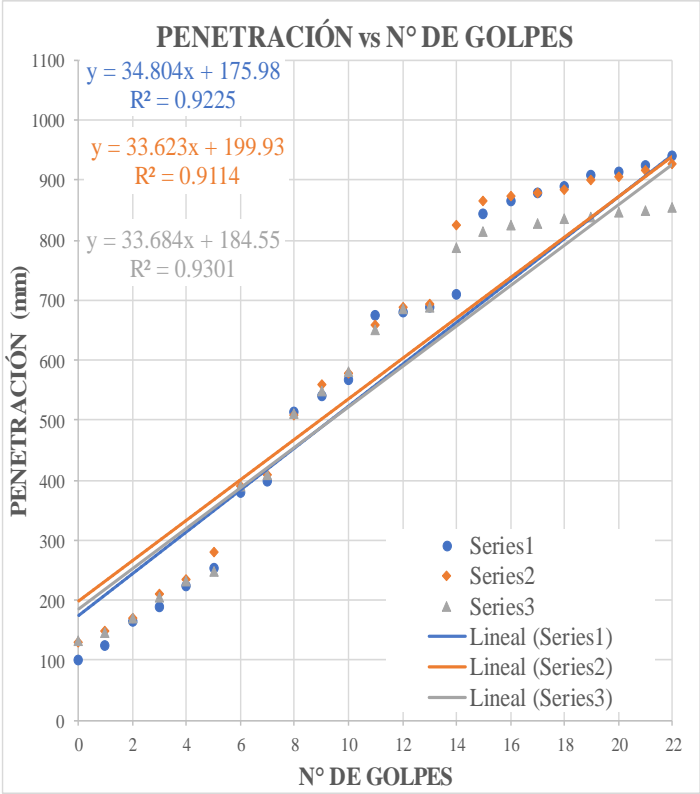
DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	29.87
2	
3	

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 149: Ensayo DCP – muestra 10

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03					
REALIZADO POR:		Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela			
PROYECTO:		Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACIÓN:		La Merced		REVISADO POR: Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:		10			
FECHA:		27/02/2022		NORMA: ASTM D 6951 03	



ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	P1	P2	P3
0	100	130	132
1	124	150	147
2	165	170	172
3	189	210	205
4	224	235	232
5	255	280	250
6	379	390	390
7	400	410	410
8	515	510	512
9	540	560	550
10	569	580	581
11	675	660	652
12	680	690	687
13	690	695	690
14	710	825	789
15	845	865	816
16	865	875	826
17	880	880	829
18	890	885	837
19	910	900	840
20	915	905	846
21	925	917	851
22	940	929	854
23	955	939	915
24	960	948	945
25	970	956	962
26	975	968	980
27	989	987	1000
28	1000	1000	
29			



DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	34.804
2	33.623
3	33.684
34.04	

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde



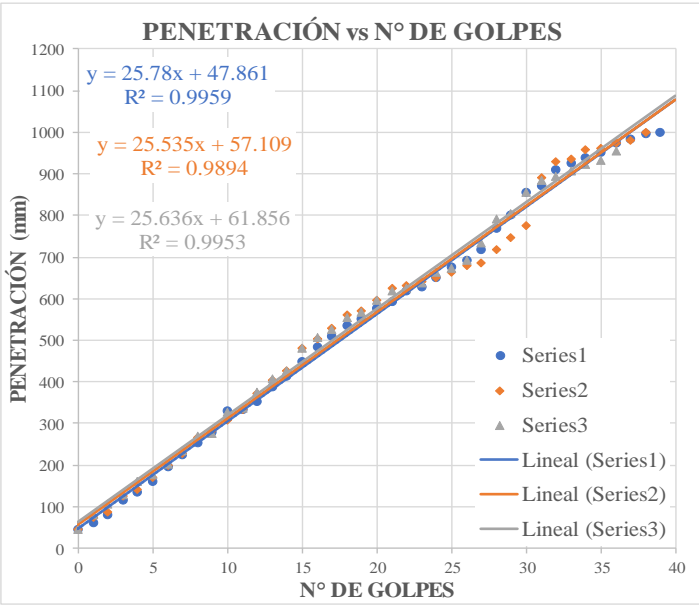
Tabla 150: Ensayo DCP – muestra 11

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03					
REALIZADO POR:	Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela				
PROYECTO:	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
UBICACIÓN:	Segovia Centro	REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez		
ID. DE MUESTRA:	11				
FECHA:	27/02/2022	NORMA:	ASTM D 6951 03		
ENSAYO DCP					
Golpes	Penetración (mm)				
	P1	P2	P3		
0	31	36	36		
1	58	69	59		
2	91	100	80		
3	134	125	99		
4	164	144	118		
5	195	163	140		
6	231	181	160		
7	252	200	182		
8	271	220	205		
9	291	241	226		
10	312	262	248		
11	331	281	272		
12	351	305	295		
13	376	332	320		
14	406	360	348		
15	441	385	368		
16	483	409	416		
17	532	435	465		
18	576	462	507		
19	621	493	566		
20	635	526	587		
21	654	586	627		
22	679	624	637		
23	713	647	684		
24	726	684	706		
25	758	726	741		
26	784	768	777		
27	817	817	807		
28	856	888	852		
29	939	928	916		
30		942			

DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	29.63
2	
3	

Fuente: Joyce Rosangela Guato Recalde



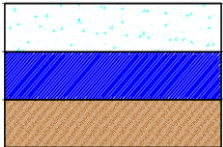
Tabla 151: Ensayo DCP – muestra 12

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03					
REALIZADO POR: Eg. Guato Recalde Joyce Rosangela					
PROYECTO:		Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambalá del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
UBICACIÓN:		Segovia Alto		REVISADO POR: Ing. Mg. Lorena Pérez	
ID. DE MUESTRA:		12		NORMA: ASTM D 6951 03	
FECHA:		27/02/2022			
ENSAYO DCP					
Golpes	Penetración (mm)				
	P1	P2	P3		
0	45	45	45		
1	60	75	80		
2	82	86	105		
3	116	125	129		
4	135	142	159		
5	160	170	176		
6	196	198	203		
7	225	229	235		
8	255	265	268		
9	278	282	276		
10	330	308	326		
11	335	335	336		
12	352	373	375		
13	387	405	406		
14	415	425	425		
15	450	480	480		
16	485	502	507		
17	510	530	525		
18	535	562	555		
19	550	571	568		
20	578	597	596		
21	592	624	617		
22	618	631	625		
23	627	642	639		
24	649	651	663		
25	675	663	673		
26	693	678	693		
27	719	685	735		
28	769	719	790		
29	800	748	805		
30	855	774	855		
31	872	892	884		
32	910	928	895		
33	925	936	906		
34	937	958	921		
35	950	962	931		
36	973	973	955		
37	984	980			
38	996	1000			
39	1000				
40					

DN (mm/golpe)		DN (prom)
1	25.780	25.65
2	25.535	
3	25.636	



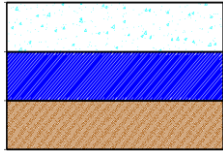
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 152: Densidad de campo cono y arena– muestra 1

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
	Proyecto				
Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	1		
Cantón	Pelileo	Coordenadas:	774850	9847770	
Parroquia:	Huambaló	Ensayado por:	Joyce Rosangela Guato		
Sector:	Huambaló Centro	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez		
Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014					
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)					
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec			1011	
Peso de la funda gr	Rec			4	
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec			1007	
Volumen de la perforación del suelo (Vm)					
Peso inicial frasco + cono + arena			5000.00		
Peso final frasco + cono + arena			2320.00		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			1629.00		
Peso arena en la perforación			1051.00		
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)			1.582		
Volumen de la perforación	Vm			664.35	
Determinación del contenido de humedad					
Recipiente #		7	102		
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	132.66	121.6		
Peso seco + recipiente	Ws + rec	122.43	112.39		
Peso del recipiente	rec	32.91	32.24		
Peso del agua	Ww	10.23	9.21		
Peso de los solidos	Ws	89.52	80.15		
Contenido de humedad	w%	11.43	11.49		
contenido de humedad promedio	w% prom			11.46	
Determinación de las fases del suelo					
			Volumen	Peso	
Vv			32.03	-	
Va		Wa	21.80	0	
Vw		Ww	10.23	10.23	
Vs		Ws	33.78	89.52	
Vm		Wm	65.81	99.75	
Determinación de las propiedades índice del suelo					
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1.516	gr/cm ³		
Densidad seca	(γ_d)	1.360	gr/cm ³		
Contenido de humedad	w%	11.46	%		
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0.95	Natural		
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	48.67	%		
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	31.94	%		
Grado de saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	68.06	%		



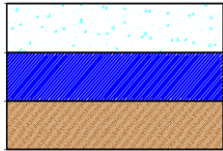
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 153: Densidad de campo cono y arena– muestra 2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	2		
Cantón	Pelileo	Coordenadas:	776217	9847541	
Parroquia:	Huambaló	Ensayado por:	Joyce Rosangela Guato		
Sector:	La Florida Bajo	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez		
Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014					
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)					
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec		1256		
Peso de la funda gr	Rec		12		
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec		1244		
Volumen de la perforación del suelo (Vm)					
Peso inicial frasco + cono + arena			5000.00		
Peso final frasco + cono + arena			2185.00		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			1629.00		
Peso arena en la perforación			1186.00		
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)			1.582		
Volumen de la perforación	Vm		749.68		
Determinación del contenido de humedad					
Recipiente #			7	102	
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	132.66		121.6	
Peso seco + recipiente	Ws + rec	122.43		112.39	
Peso del recipiente	rec	32.91		32.24	
Peso del agua	Ww	10.23		9.21	
Peso de los solidos	Ws	89.52		80.15	
Contenido de humedad	w%	11.43		11.49	
contenido de humedad promedio	w% prom			11.46	
Determinación de las fases del suelo					
			Volumen	Peso	
Vv			26.33	-	
Va		Wa	16.10	0	
Vw		Ww	10.23	10.23	
Vs		Ws	33.78	89.52	
Vm		Wm	60.11	99.75	
Determinación de las propiedades índice del suelo					
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1.659	gr/cm ³		
Densidad seca	(γ_d)	1.489	gr/cm ³		
Contenido de humedad	w%	11.46	%		
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	0.78	Natural		
Porosidad	$n\% = V_v/V_m * 100$	43.80	%		
Grado de saturación de agua	$G_w\% = V_w/V_v * 100$	38.85	%		
Grado de saturación de aire	$G_a\% = V_a/V_v * 100$	61.15	%		



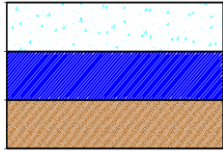
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 154: Densidad de campo cono y arena– muestra 3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
Proyecto	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	3	
Cantón	Pelileo	Coordenadas:	775407	9847629
Parroquia:	Huambaló	Ensayado por:	Joyce Rosangela Guato	
Sector:	La Florida Alto	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014				
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)				
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1855		
Peso de la funda gr	Rec	4		
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1851		
Volumen de la perforación del suelo (Vm)				
Peso inicial frasco + cono + arena				5000.00
Peso final frasco + cono + arena				1883.00
Peso arena en el cono (Calibración del cono)				1629.00
Peso arena en la perforación				1488.00
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)				1.582
Volumen de la perforación	Vm	940.58		
Determinación del contenido de humedad				
Recipiente #		1	100	
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	158.18	168.75	
Peso seco + recipiente	Ws + rec	133.92	142.93	
Peso del recipiente	rec	32.25	30.32	
Peso del agua	Ww	24.26	25.82	
Peso de los solidos	Ws	101.67	112.61	
Contenido de humedad	w%	23.86	22.93	
contenido de humedad promedio	w% prom	23.40		
Determinación de las fases del suelo				
			Volumen	Peso
Vv			27.85	-
Va		Wa	2.03	0
Vw		Ww	25.82	25.82
Vs		Ws	42.49	112.61
Vm		Wm	70.34	138.43
Determinación de las propiedades índice del suelo				
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1.968	gr/cm ³	
Densidad seca	(γ_d)	1.595	gr/cm ³	
Contenido de humedad	w%	23.40	%	
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0.66	Natural	
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	39.59	%	
Grado de saturación de agua	Gw%= Ww/Vv *100	92.72	%	
Grado de saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	7.28	%	



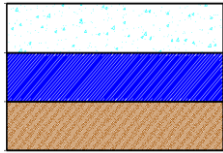
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 155: Densidad de campo cono y arena– muestra 4

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
	CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	4	
Cantón	Pelileo	Coordenadas:	776230	9846478
Parroquia:	Huambaló	Ensayado por:	Joyce Rosangela Guato	
Sector:	San Francisco	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014				
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)				
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1645		
Peso de la funda gr	Rec	12		
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1633		
Volumen de la perforación del suelo (Vm)				
Peso inicial frasco + cono + arena				5000.00
Peso final frasco + cono + arena				1860.00
Peso arena en el cono (Calibración del cono)				1629.00
Peso arena en la perforación				1511.00
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)				1.582
Volumen de la perforación	Vm	955.12		
Determinación del contenido de humedad				
Recipiente #		1	3	
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	153.40	123.60	
Peso seco + recipiente	Ws + rec	125.60	102.06	
Peso del recipiente	rec	32.20	33.10	
Peso del agua	Ww	29.80	21.54	
Peso de los sólidos	Ws	93.40	68.96	
Contenido de humedad	w%	31.91	31.24	
contenido de humedad promedio	w% prom	31.57		
Determinación de las fases del suelo				
			Volumen	Peso
Vv			33.94	-
Va		Wa	7.01	0
Vw		Ww	29.8	29.8
Vs		Ws	35.25	93.4
Vm		Wm	72.06	123.2
Determinación de las propiedades índice del suelo				
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1.710	gr/cm ³	
Densidad seca	(γ_d)	1.299	gr/cm ³	
Contenido de humedad	w%	31.57	%	
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0.96	Natural	
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	47.10	%	
Grado de saturación de agua	Gw%= Ww/Vv *100	87.80	%	
Grado de saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	12.20	%	



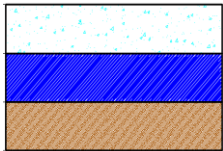
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 156: Densidad de campo cono y arena– muestra 5

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
	CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
Proyecto	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.				
Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	5		
Cantón	Pelileo	Coordenadas:	775176	9846288	
Parroquia:	Huambaló	Ensayado por:	Joyce Rosangela Guato		
Sector:	Huambaló Centro	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez		
Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014					
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)					
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec			1851	
Peso de la funda gr	Rec			8	
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec			1843	
Volumen de la perforación del suelo (Vm)					
Peso inicial frasco + cono + arena				5000.00	
Peso final frasco + cono + arena				1978.00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)				1629.00	
Peso arena en la perforación				1393.00	
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)				1.582	
Volumen de la perforación	Vm			880.53	
Determinación del contenido de humedad					
Recipiente #		1	100		
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	149.50	158.70		
Peso seco + recipiente	Ws + rec	130.40	145.20		
Peso del recipiente	rec	32.25	30.32		
Peso del agua	Ww	19.10	13.50		
Peso de los solidos	Ws	98.15	114.88		
Contenido de humedad	w%	19.46	11.75		
contenido de humedad promedio	w% prom				15.61
Determinación de las fases del suelo					
			Volumen	Peso	
Vv			32.20	-	
Va		Wa	1.47	0	
Vw		Ww	24.90	24.90	
Vs		Ws	43.35	114.88	
Vm		Wm	66.78	139.78	
Determinación de las propiedades índice del suelo					
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	2.093	gr/cm ³		
Densidad seca	(γ_d)	1.450	gr/cm ³		
Contenido de humedad	w%	15.61	%		
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0.74	Natural		
Porosidad	n% = Vv/Vm *100	48.22	%		
Grado de saturación de agua	Gw% = Vw/Vv *100	77.34	%		
Grado de saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	22.66	%		



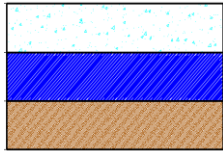
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 157: Densidad de campo cono y arena– muestra 6

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
	CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	6	
Cantón	Pelileo	Coordenadas:	774216	9846590
Parroquia:	Huambaló	Ensayado por:	Joyce Rosangela Guato	
Sector:	Huambaló Centro	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014				
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)				
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1353		
Peso de la funda gr	Rec	12		
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1341		
Volumen de la perforación del suelo (Vm)				
Peso inicial frasco + cono + arena	5000.00			
Peso final frasco + cono + arena	2067.00			
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	1629.00			
Peso arena en la perforación	1304.00			
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)	1.582			
Volumen de la perforación	Vm	824.27		
Determinación del contenido de humedad				
Recipiente #		1	100	
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	66.85	64.50	
Peso seco + recipiente	Ws + rec	56.80	54.30	
Peso del recipiente	rec	6.00	6.10	
Peso del agua	Ww	9.49	10.99	
Peso de los solidos	Ws	50.80	48.20	
Contenido de humedad	w%	18.68	22.80	
contenido de humedad promedio	w% prom	20.74		
Determinación de las fases del suelo				
			Volumen	Peso
Vv			14.55	-
Va		Wa	8.40	0
Vw		Ww	9.49	9.49
Vs		Ws	19.17	50.8
Vm		Wm	37.06	60.29
Determinación de las propiedades índice del suelo				
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1.627	gr/cm ³	
Densidad seca	(γ_d)	1.35	gr/cm ³	
Contenido de humedad	w%	20.74	%	
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0.76	Natural	
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	39.26	%	
Grado de saturación de agua	Gw%= Ww/Vv *100	65.22	%	
Grado de saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	34.78	%	



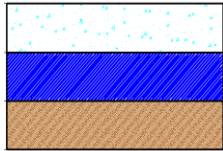
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 158: Densidad de campo cono y arena– muestra 7

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
	CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	7	
Cantón	Pelileo	Coordenadas:	773590	9846207
Parroquia:	Huambaló	Ensayado por:	Joyce Rosangela Guato	
Sector:	San Antonio	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014				
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)				
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec			1287
Peso de la funda gr	Rec			8
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec			1279
Volumen de la perforación del suelo (Vm)				
Peso inicial frasco + cono + arena			5000.00	
Peso final frasco + cono + arena			2149.00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			1629.00	
Peso arena en la perforación			1222.00	
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)			1.582	
Volumen de la perforación	Vm			772.44
Determinación del contenido de humedad				
Recipiente #		7	102	
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	255.30	208.60	
Peso seco + recipiente	Ws + rec	222.70	195.60	
Peso del recipiente	rec	41.00	72.00	
Peso del agua	Ww	32.60	13.00	
Peso de los solidos	Ws	181.70	123.60	
Contenido de humedad	w%	17.94	10.52	
contenido de humedad promedio	w% prom			14.23
Determinación de las fases del suelo				
			Volumen	Peso
Vv			55.89	-
Va		Wa	25.66	0
Vw		Ww	35.20	32.6
Vs		Ws	68.57	181.7
Vm		Wm	129.42	214.3
Determinación de las propiedades índice del suelo				
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1.656	gr/cm ³	
Densidad seca	(γ_d)	1.450	gr/cm ³	
Contenido de humedad	w%	14.23	%	
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0.82	Natural	
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	43.18	%	
Grado de saturación de agua	Gw%= Ww/Vv *100	62.97	%	
Grado de saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	37.03	%	



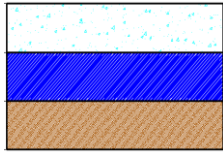
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 159: Densidad de campo cono y arena– muestra 8

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
Proyecto	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	8	
Cantón	Pelileo	Coordenadas:	774687	9845875
Parroquia:	Huambaló	Ensayado por:	Joyce Rosangela Guato	
Sector:	San José	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014				
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)				
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1745		
Peso de la funda gr	Rec	8		
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1737		
Volumen de la perforación del suelo (Vm)				
Peso inicial frasco + cono + arena				5000.00
Peso final frasco + cono + arena				1908.00
Peso arena en el cono (Calibración del cono)				1629.00
Peso arena en la perforación				1463.00
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)				1.582
Volumen de la perforación	Vm	924.78		
Determinación del contenido de humedad				
Recipiente #		A	B	
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	149.56	136.47	
Peso seco + recipiente	Ws + rec	132.5	120.7	
Peso del recipiente	rec	32.22	31.55	
Peso del agua	Ww	17.06	15.77	
Peso de los sólidos	Ws	100.28	89.15	
Contenido de humedad	w%	17.01	17.69	
contenido de humedad promedio	w% prom	17.35		
Determinación de las fases del suelo				
			Volumen	Peso
Vv			28.16	-
Va		Wa	7.57	0
Vw		Ww	17.06	17.06
Vs		Ws	37.84	100.28
Vm		Wm	62.47	117.34
Determinación de las propiedades índice del suelo				
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1.878	gr/cm ³	
Densidad seca	(γ_d)	1.601	gr/cm ³	
Contenido de humedad	w%	17.35	%	
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0.74	Natural	
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	45.07	%	
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	60.59	%	
Grado de saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	39.41	%	



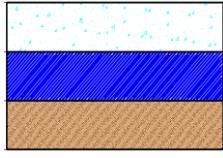
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 160: Densidad de campo cono y arena– muestra 9

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
	CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	9	
Cantón	Pelileo	Coordenadas:	775583	9845489
Parroquia:	Huambaló	Ensayado por:	Joyce Rosangela Guato	
Sector:	Surangay	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014				
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)				
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1383		
Peso de la funda gr	Rec	12		
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1371		
Volumen de la perforación del suelo (Vm)				
Peso inicial frasco + cono + arena	5000.00			
Peso final frasco + cono + arena	2250.00			
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	1629.00			
Peso arena en la perforación	1121.00			
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)	1.582			
Volumen de la perforación	Vm	708.60		
Determinación del contenido de humedad				
Recipiente #		A	B	
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	172.40	152.14	
Peso seco + recipiente	Ws + rec	149.98	127.80	
Peso del recipiente	rec	32.87	33.49	
Peso del agua	Ww	22.42	24.34	
Peso de los solidos	Ws	117.11	94.31	
Contenido de humedad	w%	19.14	25.81	
contenido de humedad promedio	w% prom	22.48		
Determinación de las fases del suelo				
			Volumen	Peso
Vv			34.60	-
Va		Wa	4.58	0
Vw		Ww	24.34	24.34
Vs		Ws	44.19	117.11
Vm		Wm	73.11	141.45
Determinación de las propiedades índice del suelo				
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1.935	gr/cm ³	
Densidad seca	(γ_d)	1.580	gr/cm ³	
Contenido de humedad	w%	22.48	%	
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0.78	Natural	
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	47.33	%	
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	70.05	%	
Grado de saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	29.95	%	



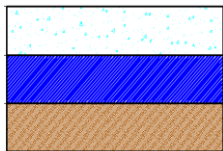
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 161: Densidad de campo cono y arena– muestra 10

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
	CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	10	
Cantón	Pelileo	Coordenadas:	774579	9845114
Parroquia:	Huambaló	Ensayado por:	Joyce Rosangela Guato	
Sector:	La Merced	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014				
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)				
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec		1408	
Peso de la funda gr	Rec		12	
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec		1396	
Volumen de la perforación del suelo (Vm)				
Peso inicial frasco + cono + arena			5000.00	
Peso final frasco + cono + arena			2254.00	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			1629.00	
Peso arena en la perforación			1117.00	
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)			1.582	
Volumen de la perforación	Vm		706.07	
Determinación del contenido de humedad				
Recipiente #		A	B	
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	125.60	119.70	
Peso seco + recipiente	Ws + rec	113.50	108.40	
Peso del recipiente	rec	32.20	33.00	
Peso del agua	Ww	12.10	11.30	
Peso de los solidos	Ws	81.30	75.40	
Contenido de humedad	w%	14.88	14.99	
contenido de humedad promedio	w% prom		14.93	
Determinación de las fases del suelo				
			Volumen	Peso
Vv			18.18	-
Va		Wa	0.02	0.00
Vw		Ww	12.10	12.10
Vs		Ws	35.12	81.30
Vm		Wm	47.24	93.40
Determinación de las propiedades índice del suelo				
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1.977	gr/cm ³	
Densidad seca	(γ_d)	1.720	gr/cm ³	
Contenido de humedad	w%	14.93	%	
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0.48	Natural	
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	38.49	%	
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	66.55	%	
Grado de saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	33.45	%	



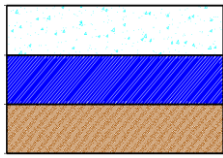
Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 162: Densidad de campo cono y arena– muestra 11

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
	CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	11	
Cantón	Pelileo	Coordenadas:	773790	9845299
Parroquia:	Huambaló	Ensayado por:	Joyce Rosangela Guato	
Sector:	Segovia Centro	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014				
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)				
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1634		
Peso de la funda gr	Rec	8		
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1626		
Volumen de la perforación del suelo (Vm)				
Peso inicial frasco + cono + arena	5000.00			
Peso final frasco + cono + arena	1768.00			
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	1629.00			
Peso arena en la perforación	1603.00			
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)	1.582			
Volumen de la perforación	Vm	1013.27		
Determinación del contenido de humedad				
Recipiente #		7	102	
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	120.43	105.67	
Peso seco + recipiente	Ws + rec	105.36	92.87	
Peso del recipiente	rec	30.80	32.25	
Peso del agua	Ww	15.07	12.80	
Peso de los solidos	Ws	74.56	60.62	
Contenido de humedad	w%	20.21	21.12	
contenido de humedad promedio	w% prom	20.66		
Determinación de las fases del suelo				
			Volumen	Peso
Vv			23.93	-
Va		Wa	11.28	0
Vw		Ww	15.07	15.07
Vs		Ws	29.50	74.56
Vm		Wm	55.85	89.63
Determinación de las propiedades índice del suelo				
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1.605	gr/cm ³	
Densidad seca	(γ_d)	1.330	gr/cm ³	
Contenido de humedad	w%	20.66	%	
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	0.81	Natural	
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	42.85	%	
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	62.97	%	
Grado de saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	37.03	%	

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

Tabla 163: Densidad de campo cono y arena– muestra 12

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
	CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto	Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de la Parroquia Huambaló del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua.			
Provincia:	Tungurahua	Muestra #:	12	
Cantón	Pelileo	Coordenadas:	772761	9845277
Parroquia:	Huambaló	Ensayado por:	Joyce Rosangela Guato	
Sector:	Segovia Alto	Revisado por:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
Densidad de campo cono y arena AASHTO T 191 2014				
Determinación del peso del suelo extraído (Wn)				
Peso de la masa del suelo + funda gr	Wm + Rec	1684		
Peso de la funda gr	Rec	8		
Peso de la masa de suelo gr	Wm = Wm + Rec - Rec	1676		
Volumen de la perforación del suelo (Vm)				
Peso inicial frasco + cono + arena	5000.00			
Peso final frasco + cono + arena	1923.00			
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	1629.00			
Peso arena en la perforación	1448.00			
Densidad de la arena de Ottawa (calibración arena)	1.582			
Volumen de la perforación	Vm	915.30		
Determinación del contenido de humedad				
Recipiente #		A	B	
Peso húmedo + recipiente	Wm + rec	170.04	156.12	
Peso seco + recipiente	Ws + rec	150.13	137.56	
Peso del recipiente	rec	33.40	32.24	
Peso del agua	Ww	19.91	18.56	
Peso de los solidos	Ws	116.73	105.32	
Contenido de humedad	w%	17.06	17.62	
contenido de humedad promedio	w% prom	17.34		
Determinación de las fases del suelo				
			Volumen	Peso
Vv			58.81	-
Va		Wa	10.66	0
Vw		Ww	19.91	19.91
Vs		Ws	44.05	116.73
Vm		Wm	74.62	136.64
Determinación de las propiedades índice del suelo				
Peso volumétrico del suelo (Densidad húmeda)	(γ_m)	1.831	gr/cm ³	
Densidad seca	(γ_d)	1.561	gr/cm ³	
Contenido de humedad	w%	17.34	%	
Relación de vacíos	e= Vv/Vs	1.34	Natural	
Porosidad	n%= Vv/Vm *100	78.81	%	
Grado de saturación de agua	Gw%= Vw/Vv *100	33.92	%	
Grado de saturación de aire	Ga% = Va/Vv*100	66.08	%	

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde

B. CONTEO VEHICULAR

Tabla 164: Ficha de Conteo Vehicular

Hora	Livianos			Buses			Camiones	Total	TOTAL HORA
	Automóviles	Camionetas	Motos	Livianos	Medianos	Pesados			
6:00 - 6:15	3	4						7	37
6:15 - 6:30	2	5		1		1	1	10	
6:30 - 6:45	4	6	1	2				13	
6:45 - 7:00	2	4		1				7	
7:00 - 7:15	4	4		1			2	11	41
7:15 - 7:30	3	5			1			9	
7:30 - 7:45	5	4			2	1		12	
7:45 - 8:00	2	6		1				9	
8:00 - 8:15	2	4						6	35
8:15 - 8:30	3	3		1	2		1	10	
8:30 - 8:45	4	3		2				9	
8:45 - 9:00	4	4	1				1	10	
9:00 - 9:15	2	3						5	26
9:15 - 9:30	3	5			1			9	
9:30 - 9:45	2	2		1				5	
9:45 - 10:00	2	4			1			7	
10:00 - 10:15	3	2		1			1	7	24
10:15 - 10:30	1	2						3	
10:30 - 10:45	3	2					1	6	
10:45 - 11:00	2	4			1		1	8	
11:00 - 11:15	2	3			1			6	20
11:15 - 11:30	1	3						4	
11:30 - 11:45	2	4		1				7	
11:45 - 12:00	1	2						3	
12:00 - 12:15	2	4			1			7	22
12:15 - 12:30	1	3		1			1	6	
12:30 - 12:45	2	3						5	
12:45 - 13:00	2	1				1		4	
13:00 - 13:15	1	1						2	19
13:15 - 13:30	3	3	1					7	
13:30 - 13:45	2	2						4	
13:45 - 14:00	3	2	1					6	
14:00 - 14:15	6							6	19
14:15 - 14:30	5	1						6	
14:30 - 14:45	1						1	2	
14:45 - 15:00	3	1		1				5	
15:00 - 15:15	2	3	1		1			7	18
15:15 - 15:30	1	1						2	
15:30 - 15:45	2	1						3	
15:45 - 16:00	2	4						6	
16:00 - 16:15	4	5					1	10	35
16:15 - 16:30	2	4			1			7	
16:30 - 16:45	4	3			1			8	
16:45 - 17:00	5	4					1	10	
17:00 - 17:15	2	4	1					7	30
17:15 - 17:30	3	4		1				8	
17:30 - 17:45	5	4	1					10	
17:45 - 18:00	2	3						5	
	127	149	7	15	13	3	12	326	326

Fuente. Joyce Rosangela Guato Recalde