



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

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

TEMA:

“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

AUTOR: Lenin Andrés Pilla Ortega

TUTOR: Ing. Milton Rodrigo Aldás Sánchez Ph.D

AMBATO – ECUADOR

Enero – 2022

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. Lenin Andrés Pilla Ortega portador de la cedula de ciudadanía: C.I. 1804571790, 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 competentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, enero 2022

Ing. Milton Rodrigo Aldás Sánchez Ph.D

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Lenin Andrés Pilla Ortega**, con C.I. 1804571790, declaro que todas las actividades y contenidos en el presente trabajo experimental con el tema **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUFRE DEL CANTÓN PATATE, 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, enero 2022



Lenin Andres Pilla Ortega

C.I. 180457179-0

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, enero 2022



Lenin Andrés Pilla Ortega

C.I. 180457179-0

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Lenin Andrés Pilla Ortega, de la carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: tema **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

Ambato, enero 2022

Para constancia firman:

Ing. Alex Xavier Frías Torres
Miembro Calificador

Ing. Ruth Lorena Pérez Maldonado
Miembro Calificador

DEDICATORIA

A Dios por bendecirme cada día y en cada uno de los pasos que he dado en mi carrera, y por permitirme cumplir uno de los anhelos más importantes en mi vida.

A mis padres Charito y Raúl, porque ellos siempre están a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una gran persona, a mi abuelita Diocelina, aunque no esté físicamente con nosotros, sé que desde el cielo me cuida y me guía para que todo salga bien.

A mi hermana Valeria, por ser una gran compañera, amiga y segunda madre incondicional en cada etapa de mi vida.

Lenin Andrés Pilla Ortega

AGRADECIMIENTO

El amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupaban mis padres por mi avance y desarrollo de esta tesis, es simplemente único y se refleja en la vida de un hijo.

Gracias a Dios por la vida de mis padres, también porque cada día bendice mi vida con la hermosa oportunidad de estar y disfrutar al lado de las personas que sé que me aman, gracias a Dios por permitirme amar a mis padres, gracias a mis padres por permitirme conocer de Dios y de su infinito amor.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre por estar dispuesta a acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio, agotadoras noches en las que su compañía me llenaba de fortaleza para cumplir gran parte de mi sueño, gracias a mi padre por siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida, por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis.

Lenin Andrés Pilla Ortega

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
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	1
1.1.1. Antecedentes	1
1.1.2. Justificación.....	3
1.1.3. Fundamentación Teórica	4
1.1.3.1. El Suelo.....	4
1.1.3.2. Tamaño de partículas del suelo.....	4
1.1.3.3. Sistema Unificado de Clasificación de suelos S.U.C.S	5
1.1.3.4. Sistema de Clasificación de suelos AASHTO.....	7
1.1.3.5. Propiedades de los suelos	9
1.1.3.5.1. Propiedades Índice	9
1.1.3.5.1.1. Peso Específico de Masa (γ_m).....	10
1.1.3.5.1.2. Contenido de Humedad ($\omega\%$).....	10
1.1.3.5.1.3. Peso Específico de Sólidos (γ_s)	10

1.1.3.5.1.4.	Gravedad Especifica (Ss).....	10
1.1.3.5.1.5.	Densidad Aparente (γ).....	11
1.1.3.5.1.6.	Relación de Vacíos (e).....	11
1.1.3.5.1.7.	Porosidad (n).....	11
1.1.3.5.1.8.	Grado de Saturación del Agua ($G_w\%$).....	11
1.1.3.5.1.9.	Grado de saturación del Aire ($G_a\%$).....	11
1.1.3.5.1.10.	Peso Específico Seco (γ_d).....	11
1.1.3.5.1.11.	Plasticidad.....	12
1.1.3.5.2.	Propiedades Mecánicas.....	13
1.1.3.5.2.1.	Compactación.....	13
1.1.3.5.2.2.	Prueba de Proctor.....	16
1.1.3.5.2.3.	Cono Dinámico de Penetración.....	18
1.1.3.5.2.4.	Relación de Soporte de California.....	20
1.1.3.6.	Pavimentos.....	22
1.1.3.6.1.	Definición.....	22
1.1.3.6.2.	Componentes de un Pavimento.....	22
1.1.3.6.3.	Tipos de Pavimentos.....	24
1.1.3.6.3.1.	Pavimentos Flexibles.....	24
1.1.3.6.3.2.	Pavimentos Rígidos.....	24
1.1.3.6.3.3.	Pavimentos Semirrígidos.....	25
1.1.3.6.3.4.	Diseño de Pavimento Flexible.....	25
1.1.3.7.	Análisis de Correlaciones.....	34
1.1.3.7.1.	Correlación Lineal.....	35
1.1.3.7.2.	Método de los Mínimos Cuadrados.....	36
1.1.3.7.3.	Correlación Múltiple.....	37
1.1.4.	Hipótesis.....	38
1.2.	OBJETIVOS.....	38

1.2.1.	Objetivo General	38
1.2.2.	Objetivos Específicos.....	38
CAPÍTULO II		39
METODOLOGÍA		39
2.1.	NIVELES DE INVESTIGACIÓN	39
2.1.1.	Investigación Exploratoria	39
2.1.2.	Investigación de Laboratorio.....	39
2.1.3.	Investigación Analítica.....	39
2.1.4.	Investigación de Campo	39
2.2.	Población y Muestra	39
2.2.1.	Población.....	39
2.2.2.	Muestra.....	41
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.....	50
CAPITULO III.....		51
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		51
3.1.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
3.2.	Diseño de Pavimentos Flexibles MÉTODO AASHTO – 93	79
3.3.	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	99
CAPITULO IV		100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		100
4.1.	Conclusiones	100
4.2.	Recomendaciones	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límites de separación de tamaño de suelo.....	5
Tabla 2 Sistema de Clasificación S.U.C.S	6
Tabla 3 Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO	8
Tabla 4: Especificaciones de la prueba Proctor Estándar - Norma ASTM 698.....	17
Tabla 5: Especificaciones de la prueba Proctor Modificada – Norma ASTM 1577..	18
Tabla 6: Valores de Carga Unitaria.....	21
Tabla 7: Clasificación General de acuerdo con el número CBR	22
Tabla 8: Sección típica de un pavimento	23
Tabla 9: Relaciones CBR - Mr.....	27
Tabla 10: Periodos de Diseño en Función del Tipo de Carretera	27
Tabla 11: Porcentaje de W18 según el carril de diseño	28
Tabla 12: Niveles de Serviciabilidad	28
Tabla 13: Valor de Nivel de Confianza R se acuerdo al tipo de camino	29
Tabla 14: Factores de Desviación Normal	30
Tabla 15: Espesores Mínimos en pulgadas, en función de los ejes equivalentes	31
Tabla 16: Capacidad del Drenaje	34
Tabla 17: Valores m, para modificar los Coeficientes Estructurales o de Capa de Bases y Sub-bases sin tratamiento, en pavimentos flexibles.....	34
Tabla 18: Ubicación de Calicatas en la parroquia Los Andes	42
Tabla 19: Ubicación de Calicatas en la parroquia El Sucre	42
Tabla 20: Equipos y Materiales.....	47
Tabla 21: Plan de Recolección de Datos.....	48
Tabla 22: Nomenclatura de variables usadas en los ensayos de laboratorio y campo	51
Tabla 23: Propiedades Índice del Suelo	52
Tabla 24: Propiedades Mecánicas del Suelo	53
Tabla 25: Correlaciones entre las propiedades del suelo	55
Tabla 26: Datos para el Diseño de Pavimientos.....	79
Tabla 27: Valores de los Módulos de Elasticidad y Resiliencia de los materiales. ...	80
Tabla 28: Factor de Daño según el tipo de vehículo	80
Tabla 29: Hora Pico de Conteo Vehicular	81
Tabla 30: Resumen de Hora Pico.....	81

Tabla 31: Coeficientes de Crecimiento Vehicular	82
Tabla 32: Tráfico Actual Total de la vía en estudio.....	85
Tabla 33: Diseño de Ejes Equivalentes	85
Tabla 34: Nivel de Confiabilidad R	86
Tabla 35: Desviación Estándar Normal Zr.....	86
Tabla 36: Calidad de Drenaje.....	91
Tabla 37: Valores de m ² y m ³ según la Capacidad de Drenaje.....	91
Tabla 38: Datos para el cálculo de SN en el programa AASHTO - 93	92
Tabla 39: Diseño de Pavimento Flexible con el CBR % de Laboratorio.....	93
Tabla 40: Propuesta de espesores de la estructura del pavimento.	94
Tabla 41: Datos Para el cálculo del SN, CBR% Correlación No. 22	95
Tabla 42: Diseño de Pavimento Flexible con CBR % de la Correlación No. 22.....	97
Tabla 43: Propuesta de Espesores para cada capa de la estructura del pavimento	98
Tabla 44: Ensayo 1 Contenido de Humedad.....	109
Tabla 45: Ensayo 1 Granulometría de Suelo Fino	110
Tabla 46: Ensayo 1 Límite Líquido	111
Tabla 47: Ensayo 1 Límite Plástico	112
Tabla 48: Ensayo 1 Densidad de Campo	113
Tabla 49: Ensayo 1 Gravedad Específica.....	114
Tabla 50: Ensayo 1 Próctor Modificado Tipo B	115
Tabla 51: Ensayo 1 DCP	115
Tabla 52: Ensayo 1 CBR.....	117
Tabla 53: Ensayo 2 Contenido de Humedad.....	119
Tabla 54: Ensayo 2 Granulometría de Suelo Fino	120
Tabla 55: Ensayo 2 Límite Líquido	121
Tabla 56: Ensayo 2 Límite Plástico	122
Tabla 57: Ensayo 2 Densidad de Campo	123
Tabla 58: Ensayo 2 Gravedad Específica.....	124
Tabla 59: Ensayo 2 Próctor Modificado Tipo B	125
Tabla 60: Ensayo 2 DCP	126
Tabla 61: Ensayo 2 CBR.....	127
Tabla 62: Ensayo 3 Contenido de Humedad.....	129
Tabla 63: Ensayo 3 Granulometría de Suelo Fino	130

Tabla 64: Ensayo 3 Límite Líquido	131
Tabla 65: Ensayo 3 Límite Plástico	132
Tabla 66: Ensayo 3 Densidad de Campo	133
Tabla 67: Ensayo 3 Gravedad Específica.....	134
Tabla 68: Ensayo 3 Próctor Modificado Tipo B	135
Tabla 69: Ensayo 3 DCP	136
Tabla 70: Ensayo 3 CBR.....	137
Tabla 71: Ensayo 4 Contenido de Humedad.....	139
Tabla 72: Ensayo 4 Granulometría de Suelos Finos	140
Tabla 73: Ensayo 4 Límite Líquido	141
Tabla 74: Ensayo 4 Límite Plástico	142
Tabla 75: Ensayo 4 Densidad De Campo	143
Tabla 76: Ensayo 4 Gravedad Específica.....	144
Tabla 77: Ensayo 4 Proctor Modificado Tipo B	145
Tabla 78: Ensayo 4 DCP	146
Tabla 79: Ensayo 4 CBR.....	147
Tabla 80: Ensayo 5 Contenido de Humedad.....	149
Tabla 81: Ensayo 5 Granulometría de Suelos Finos	150
Tabla 82: Ensayo 5 Límite Líquido	151
Tabla 83: Ensayo 5 Límite Plástico	152
Tabla 84: Ensayo 5 Densidad de Campo	153
Tabla 85: Ensayo 5 Gravedad Específica.....	154
Tabla 86: Ensayo 5 Proctor Modificado Tipo B	155
Tabla 87: Ensayo 5 DCP	156
Tabla 88: Ensayo 5 CBR.....	157
Tabla 89: Ensayo 5 Contenido de Humedad.....	159
Tabla 90: Ensayo 6 Granulometría de Suelos Finos	160
Tabla 91: Ensayo 6 Límite Líquido	161
Tabla 92: Ensayo 6 Límite Plástico	162
Tabla 93: Ensayo 6 Densidad de Campo	163
Tabla 94: Ensayo 6 Gravedad Específica.....	164
Tabla 95: Ensayo 6 Proctor Modificado Tipo B	165
Tabla 96: Ensayo 6 DCP	166

Tabla 97: Ensayo 6 CBR.....	167
Tabla 98: Ensayo 7 Contenido de Humedad.....	169
Tabla 99: Ensayo 7 Granulometría de Suelo Fino	170
Tabla 100: Ensayo 7 Límite Líquido	171
Tabla 101: Ensayo 7 Límite Plástico	172
Tabla 102: Ensayo 7 Densidad de Campo	173
Tabla 103: Ensayo 7 Gravedad Específica.....	174
Tabla 104: Ensayo 7 Proctor Modificado Tipo B	175
Tabla 105: Ensayo 7 DCP	176
Tabla 106: Ensayo 7 CBR.....	177
Tabla 107: Ensayo 8 Contenido de Humedad.....	179
Tabla 108: Ensayo 8 Granulometría de Suelos Finos	180
Tabla 109: Ensayo 8 Límite Líquido	181
Tabla 110: Ensayo 8 Límite Plástico	182
Tabla 111: Ensayo 8 Densidad de Campo	183
Tabla 112: Ensayo 8 Gravedad Específica.....	184
Tabla 113: Ensayo 8 Proctor Modificado Tipo B	185
Tabla 114: Ensayo 8 DCP	186
Tabla 115: Ensayo 8 CBR.....	187
Tabla 116: Ensayo 9 Contenido de Humedad.....	189
Tabla 117: Ensayo 9 Granulometría de Suelos Finos	190
Tabla 118: Ensayo 9 Límite Líquido	191
Tabla 119: Ensayo 9 Límite Plástico	192
Tabla 120: Ensayo 9 Densidad de Campo	193
Tabla 121: Ensayo 9 Gravedad Específica.....	194
Tabla 122: Ensayo 9 Proctor Modificado Tipo B	195
Tabla 123: Ensayo 9 DCP	196
Tabla 124: Ensayo 9 CBR.....	197
Tabla 125: Ensayo 10 Contenido de Humedad.....	199
Tabla 126: Ensayo 10 Granulometría de Suelos Finos	200
Tabla 127: Ensayo 10 Límite Líquido	201
Tabla 128: Ensayo 10 Límite Plástico	202
Tabla 129: Ensayo 10 Densidad de Campo	203

Tabla 130: Ensayo 10 Gravedad Específica.....	204
Tabla 131: Ensayo 10 Proctor Modificado Tipo B	205
Tabla 132: Ensayo 10 DCP	206
Tabla 133: Ensayo 10 CBR.....	207
Tabla 134: Ensayo 11 Contenido de Humedad.....	209
Tabla 135: Ensayo 11 Granulometría de Suelos Finos	210
Tabla 136: Ensayo 11 Límite Líquido	211
Tabla 137: Ensayo 11 Límite Plástico	212
Tabla 138: Ensayo 11 Densidad de Campo	213
Tabla 139: Ensayo 11 Gravedad Específica.....	214
Tabla 140: Ensayo 11 Proctor Modificado Tipo B	215
Tabla 141: Ensayo 11 DCP	216
Tabla 142: Ensayo 11 CBR.....	217
Tabla 143: Ensayo 12 Contenido de humedad.....	219
Tabla 144: Ensayo 12 Granulometría de Suelos Finos	220
Tabla 145: Ensayo 12 Límite Líquido	221
Tabla 146: Ensayo 12 Límite Plástico	222
Tabla 147: Ensayo 12 Densidad de Campo	223
Tabla 148: Ensayo 12 Gravedad Específica.....	224
Tabla 149: Ensayo 12 Proctor Modificado Tipo B	225
Tabla 150: Ensayo 12 DCP	226
Tabla 151: Ensayo 12 CBR.....	227
Tabla 152: Conteo de Tráfico Vehicular 1	230
Tabla 153: Conteo de Tráfico Vehicular 2.....	231
Tabla 154: Conteo de Tráfico Vehicular 3.....	232
Tabla 155: Conteo de Tráfico Vehicular 4.....	233

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Rangos de plasticidad para la Clasificación unificada de los Suelos.	7
Figura 2: Rangos de Limite líquido y del Índice de plasticidad para suelos en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 Y A-7.....	9
Figura 3: Fases que componen el suelo	10
Figura 4: Límites de Atterberg.....	12
Figura 5: Principios de Compactación	14
Figura 6: Diferentes tipos de curvas de compactación encontradas en suelos.....	15
Figura 7: Esquema del Equipo DCP (ASTM D-6951-03).....	19
Figura 8: Curva DCP para una serie de valores, se observan tres capas diferentes...	20
Figura 9: Sección típica de un pavimento	23
Figura 10: Capas que forman en general un pavimento flexible	24
Figura 11: Capas que forman un pavimento rígido.....	25
Figura 12: Capas que forman un pavimento semirrígido.....	25
Figura 13: Abaco para estimar el numero estructural de la carpeta asfáltica "a1"	31
Figura 14: Ábaco para estimar el numero estructural de la capa base granular "a2".	32
Figura 15: Ábaco para estimar el numero estructural de la sub-base granular "a3"..	33
Figura 16: Correlación Lineal Positiva	35
Figura 17: Correlación Lineal Negativa.....	35
Figura 18: Mapa Geográfico de la Parroquia Los Andes del Cantón Patate	40
Figura 19: Mapa Geográfico de la Parroquia El Sucre del Cantón Patate	41
Figura 20: Ubicación de calicatas en la parroquia Los Andes	43
Figura 21 Ubicación de calicatas en la Parroquia El Sucre	44
Figura 22: Clasificación de los suelos de acuerdo a al Norma AASHTO Y SUCS ..	45
Figura 23: Clasificación de los suelos de acuerdo a la Norma AASHTO Y SUCS ..	46
Figura 24: Carta de Plasticidad de la AASHTO	54
Figura 25: Carta de Plasticidad de la SUCS.....	54
Figura 26: CBR % - DN mm/golpe	78
Figura 27: Carta para estimar el coeficiente estructural de la Carpeta Asfáltica a partir del Módulo Elástico.	88
Figura 28: Ábaco para estimar el valor del Coeficiente Estructural a2.	89
Figura 29: Ábaco para estimar el Coeficiente Estructural a3.	90

Figura 30: Ecuación AASHTO - 93.....	92
Figura 31: Espesor de las capas del Pavimento Flexible	94
Figura 32: Calculo de SN, Programa AASHTO – 93	96
Figura 33: Espesor de las capas de la estructura del Pavimento Flexible.....	98

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación [1] Factor de Hora Pico	81
Ecuación [2] Tráfico Actual	81
Ecuación [3] Tráfico Actual en 1 Año	82
Ecuación [4] Tráfico Generado	83
Ecuación [5] Tráfico Atraído	84
Ecuación [6] Tráfico Desarrollado	84
Ecuación [7] Índice de Serviciabilidad	87
Ecuación [8] Módulo de Resiliencia de la Subrasante	87

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajado experimental, pretende determinar la correlación existente entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de las parroquias Los Andes y El Sucre del cantón Patate, provincia de Tungurahua, a través de ensayos in situ y de laboratorio, para lo cual se realizó la toma de 12 muestras de suelo, a través de calicatas normadas según la AASHTO T 87-70, ubicadas en las distintas vías principales de las parroquias en estudio.

Se realizaron ensayos de campo y laboratorio para determinar las características de cada tipo de suelo extraído, una vez completado los ensayos se tabula e interpreta los resultados, alcanzando correlaciones relevantes entre las propiedades índice y mecánicas de los suelos en estudio, con coeficientes de determinación R^2 al cuadrado aceptables y con buen grado de confiabilidad.

Con el resultado obtenido mediante las correlaciones propuestas en el presente trabajo experimental, se pretende ayudar a optimizar el tiempo en obra, contribuir en el desarrollo de la base de datos referente a estudios de correlación entre el CBR y propiedades índice y mecánicas de suelos granulares a nivel Parroquial, Cantonal y Provincial, así como orientar en el diseño preliminar de pavimentos flexibles en las parroquias en estudio.

PALABRAS CLAVES: CBR, Correlación, Calicata, Coeficiente, Diseño

ABSTRACT

The present experimental work aims to determine the correlation between the CBR and the index and mechanical properties in granular soils of Los Andes and El Sucre parishes of Patate canton, Tungurahua province, through in situ and laboratory tests, to This was done by taking 12 soil samples, through test pits regulated according to AASHTO T 87-70, located in the different main roads of the parishes under study.

Field and laboratory tests were carried out to determine the characteristics of each type of soil extracted, once the tests are completed, the results are tabulated and interpreted, reaching relevant correlations between the index and mechanical properties of the soils under study, with determination coefficients $(R)^2$ squared acceptable and with a good degree of reliability.

Finally, with the result obtained through the correlations proposed in the present experimental work, it is intended to help optimize the time on site, contribute to the development of the database regarding correlation studies between CBR and index and mechanical properties of granular soils at Parish, Cantonal and Provincial level, as well as to guide in the preliminary design of flexible pavements in the parishes under study.

KEY WORDS: CBR, Correlation, Calicata, Coefficient, Design

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1.ANTECEDENTES DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

1.1.1. Antecedentes

Todas las obras de ingeniería civil, como la construcción de carreteras, estructuras de edificios, presas y otras estructuras, tienen una firme relación con el suelo. Todas esas estructuras necesitan una capa recia de suelo para asegurarse de que la estructura sea resistente y estable. La debilidad y la falla del suelo pueden hacer que la estructura que se construye sobre él se debilite y colapse o falle. Por lo tanto, el análisis adecuado del suelo es necesario para garantizar que estas estructuras permanezcan seguras y libres de asentamientos y colapsos. Las condiciones del suelo varían de un lugar a otro. Por tanto, es difícil predecir el comportamiento del suelo. Como resultado, las condiciones del suelo en cada sitio deben investigarse a fondo para un diseño adecuado.

La prueba California Bearing Ratio (CBR) es un método empírico de diseño de pavimento flexible. La capacidad de carga del suelo bajo rasante juega un papel muy importante en el diseño de la estructura de la carretera. Determina el espesor del pavimento. En otras palabras, la subrasante que tiene un valor de CBR más bajo tendrá un pavimento más grueso en comparación con la subrasante que tiene un valor de CBR más alto. Los valores CBR se pueden medir directamente en la prueba de laboratorio de acuerdo con IS 2720 parte XVI (India) en una muestra de suelo obtenida del sitio.[1]

El valor de CBR, puede evaluarse directamente mediante una prueba de relación de carga de California, necesitando un lapso de cuatro días siendo de la misma forma tedioso y laborioso. Entonces para una evaluación rápida del valor de CBR es necesario correlacionar el valor de CBR con el valor evaluable de las propiedades de los suelos.[2]

A partir de entonces, se hace necesaria la predicción de los valores CBR del suelo de la subrasante con parámetros fácilmente determinables como el límite líquido LL, límite plástico LP e índice de plasticidad IP, características de compactación (densidad seca máxima MDD y contenido de humedad óptimo OMC), porcentaje de tamaños de partículas (grava, arena y arcilla / limo) y CBR.[3]

Dhurgham Abdul Jaleel Rasool en su artículo “Correlación del valor CBR con el tamaño de las partículas y características de compactación de suelo sin cohesión” manifiesta que se ha realizado la correlación del valor de CBR con suelos granulares basado en algunas propiedades físicas como el tamaño de grano, compactación, contenido de humedad óptima y densidad seca máxima, siendo una opción fácil de obtener, más económica y menos tiempo que una prueba CBR en remojo.[4]

Aggarwal y Ghanekar (1970) realizaron su análisis en suelos de grano fino en 48 muestras encontradas en la India, referente a la base de su análisis habían tratado de desarrollar una correlación entre los valores de CBR y Límite líquido, Límite plástico e Índice de plasticidad. Sin embargo, su análisis no pudo determinar ninguna correlación fuerte entre ellos. En cambio, se encontró una correlación mucho mejor cuando incluyeron el límite líquido y el contenido de humedad óptimo (OMC).[5]

Naveen B Shirur y Santosh G Hiremath recolectaron 20 muestras de suelo alterado (con diferente límite líquido) de diferentes lugares dentro y alrededor de la ciudad de Bagalkot, distrito de Karnataka, India. Las muestras de suelo seleccionadas se analizaron para determinar el valor de CBR, el contenido de humedad óptimo, la densidad seca máxima, la distribución del tamaño de partícula, el límite de líquido, el límite de plástico, el límite de contracción, el índice de plasticidad. Todas estas pruebas se realizaron de acuerdo con la especificación del código IS. En este estudio, se desarrollaron modelos de regresión, tanto el análisis de regresión lineal simple (SLRA) como el análisis de regresión lineal múltiple (MLRA), para estimar el valor de CBR sumergido utilizando las propiedades físicas de los suelos.[1]

1.1.2. Justificación

La presente investigación tiene como finalidad determinar las correlaciones experimentales entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de las parroquias Los Andes y El Sucre del cantón Patate, provincia de Tungurahua

La infraestructura vial en el Ecuador, mantiene el desarrollo productivo y económico, implementando planes estratégicos que fomenten la productividad basada en los principios de equidad, equivalencia, excelencia, sostenibilidad ambiental y competitividad, que hace posible el cumplimiento del plan nacional de desarrollo.[6]

La correcta caracterización del suelo es uno de los principales factores que permite un diseño seguro y económico de las estructuras. Para conseguir esta caracterización se deberá tener conocimiento del tipo de proyecto y la variabilidad de los estratos en el sitio de la implantación de la estructura.

Como requisitos indispensables antes de la ejecución del trabajo, es necesario realizar todo el conjunto de estudios de campo y laboratorio, recorridos e inspecciones, análisis y cálculos que conducen al proceso de obtención de resultados favorables. [7]

Obtener el CBR por tramos de una carretera resulta siempre complicado, porque cualquier retraso en la construcción de la vía representa un costo adicional al proyecto y para la ingeniería de transportes. Para enmendar esta debilidad se ha hecho varios intentos por correlacionar el valor de CBR con propiedades índice del suelo, como: porcentaje de grava (%G), porcentaje de arena (%S), porcentaje de finos: limos y arcillas (%F), límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP), máxima densidad seca (MDD) y contenido máximo de humedad (OMC). De este modo, es posible predecir un valor de CBR mediante una ecuación en función de esos parámetros, usarlo como un método alternativo más económico y más rápido que el método convencional.[8]

Los resultados obtenidos mediante las correlaciones sirven como guía para diseños preliminares de pavimentos, puesto que los ensayos que se realizan funcionan para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos, además contribuirán en la zonificación de los diferentes tipos de suelos que se

presenten en las parroquias Los Andes y El sucre del cantón Patate, provincia de Tungurahua.

1.1.3. Fundamentación Teórica

1.1.3.1. El Suelo

El suelo es un agregado de partículas, que representan todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas, con organización definida y propiedades que varían vectorialmente, es decir en dirección vertical generalmente sus propiedades cambian mucho más rápido que en la horizontal. [9]

Para propósitos de Ingeniería civil, el suelo se define como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica, descompuesta (partículas sólidas) con líquido y gas en los espacios vacíos entre las partículas sólidas.[10]

1.1.3.2. Tamaño de partículas del suelo

Los tamaños de las partículas que conforman el suelo pueden variar en un amplio intervalo, los suelos son usualmente llamados grava, arena, limo o arcilla dependiendo del tamaño de las partículas que conforman estos suelos. Distintas organizaciones han propuesto límites de separación de tamaño de suelo, para determinar el tipo de suelo según el tamaño de grano en milímetros.

Las gravas están compuestas de partículas esporádicas como el cuarzo y el feldespato acompañadas de otros minerales. La arena es un suelo en donde abunda el cuarzo y el feldespato. Los limos están compuestos por fragmentos finos de cuarzo y fragmento laminares de minerales micáceos. Las arcillas son partículas laminares microscópicas y submicroscópicas de mica, arcilla y otros minerales, que al mezclarse con una cantidad limitada de agua desarrollan cierta plasticidad.[10]

Tabla 1: Límites de separación de tamaño de suelo

Nombre de la organización	Tamaño de Grano			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT)	>2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	<0.002
Departamento de Agricultura de E.U. (USDA)	>2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	<0.002
Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales del Transporte (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.75 a 0.002	<0.002
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de E.U., Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	Fino (p. ej., limos y arcilla) <0.075	

Fuente: Fundamentos de ingeniería Geotécnica Braja M. Das. [10]

Sin embargo la presenta tabla de clasificacion de los suelos por tamaño de particulas es erroneo al no considerar la plasticidad de los suelos.

1.1.3.3.Sistema Unificado de Clasificación de suelos S.U.C.S

Sistema presentado por Arthur Casagrande en 1942, usado para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo, pudiendo ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y clasificar suelos con tamaños menores a 3 pulgadas, describiendo 2 tipos de partículas gruesas y finas, las cuales se diferencian mediante tamizado del material por el tamiz N° 200. Así los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que pasan. [11]

Los suelos se designan mediante símbolos que constan de un prefijo que son las iniciales de los nombres ingleses de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos y turba), mientras que los sufijos denotan subdivisiones en dichos grupos. [11]

Tabla 2 Sistema 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, mezcladas gravosas, pocos o ningún fino.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = 1 < D_{230}/D_{10} * D_{60} < 3$			
		Gravas con finos (Cantidad apreciable de finos)	GP	Gravas pobremente graduadas, mezcladas grava-arena, pocos o ningún fino.	No cumplir todos los requisitos de gradación para GW			
			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.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = 1 < D_{230}/D_{10} * D_{60} < 3$			
			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 $I_p > 7$			
			Limos y arcillas (límite líquido $WL < 50$)	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 $WL > 50$)	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.[12]

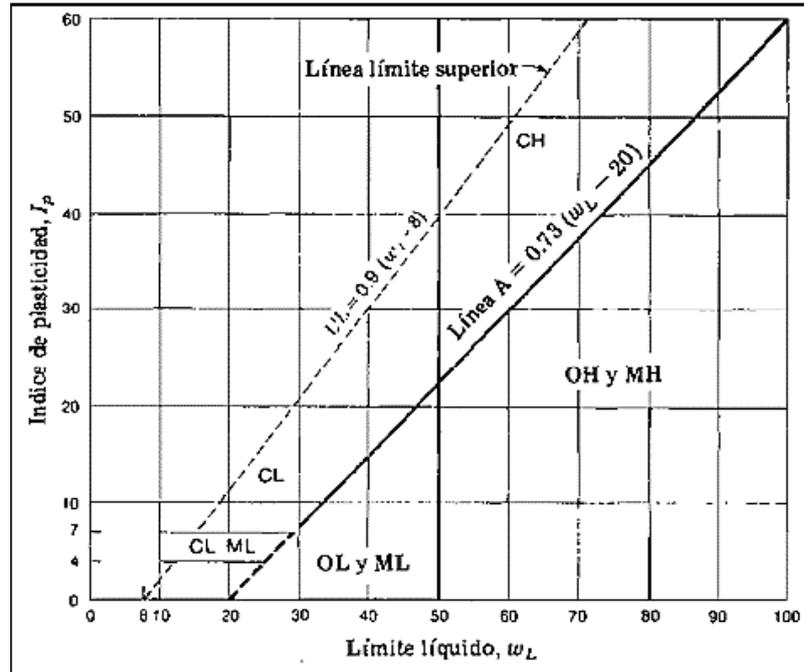


Figura 1 Rangos de plasticidad para la Clasificación Unificada de los Suelos.

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. Joseph E. Bowles.[12]

1.1.3.4. Sistema de Clasificación de suelos AASHTO

El sistema de clasificación de suelos AASHTO, fue desarrollado en 1929, como el Sistema de Clasificación de Carreteras, clasificado en siete grupos principales: A-1 a A-7, donde los suelos que se clasifican en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares en los cuales el 35% o menos pasa a través del tamiz núm. 200, mientras los suelos que se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 pasan más del 35% a través del tamiz núm. 200. Para los suelos que se dividen en los grupos: A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7 se muestra un rango de límite líquido y el índice de plasticidad.[10]

Tabla 3 Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO

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
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 Limite Liquido 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.[10]

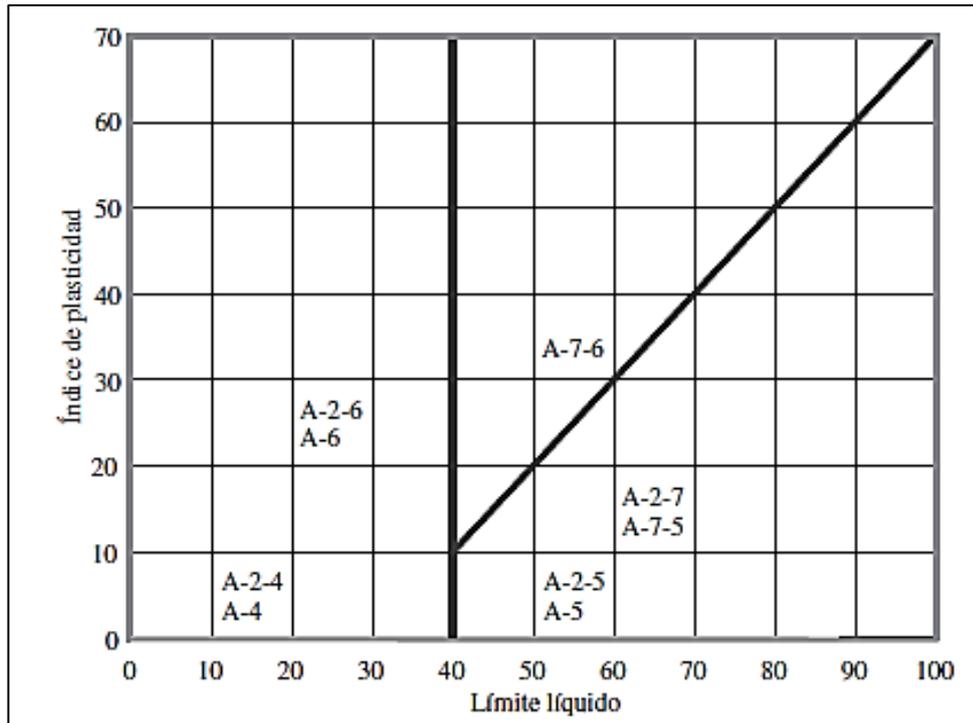


Figura 2: Rangos de Límite líquido y del Índice de plasticidad para suelos en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 Y A-7

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M Das. [10]

1.1.3.5. Propiedades de los suelos

1.1.3.5.1. Propiedades Índice

Son aquellas que muestran de una manera rápida, práctica y sencilla, el estado y naturaleza del suelo, con fines posteriores, como elaborar perfiles estratigráficos, calificación de suelos, propiedades y parámetros que ayuden a desarrollar un proyecto adecuado en el ámbito de la ingeniería civil. [13]

En un suelo se distinguen tres fases constituyentes: la sólida conformada por las partículas minerales del suelo, la líquida por el agua libre que se encuentre inmerso y la gaseosa comprende sobre todo el aire, si bien pueden estar presentes otros gases. Cada fase tiene peso (W) y volumen (V), de acuerdo a ellos se usa los subíndices: (a) para denominar al aire, (w) para denominar al agua, (s) para sólidos, y una relación de vacíos (Vv) que se expresa a la suma del Volumen del aire (Va) más el volumen de agua (Vw). [9]

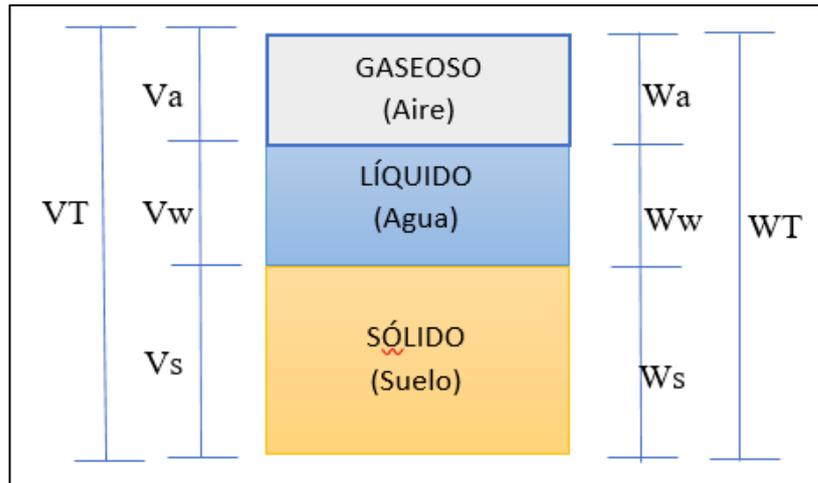


Figura 3: Fases que componen el suelo

Fuente: Propiedades Índice de los Suelos W.R. Serquen [13]

1.1.3.5.1.1. Peso Específico de Masa (γ_m)

Denominado también peso unitario, peso volumétrico, peso específico aparente o peso específico. Es aquel que relaciona la masa de un suelo y su volumen de masa, se suele medir en gr/cm^3 . [13]

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

1.1.3.5.1.2. Contenido de Humedad ($\omega\%$)

Llamado también contenido de agua, que se define como la relación entre peso del agua contenido en el suelo y peso de la fase sólida, se expresa en porcentaje. [13]

$$\omega\% = \frac{W_w}{V_s} \times 100\%$$

1.1.3.5.1.3. Peso Específico de Sólidos (γ_s)

Se define como la relación entre el peso y el volumen de la fase sólida. [13]

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

1.1.3.5.1.4. Gravedad Específica (S_s)

Es el peso específico de la fase sólida, dividido entre el peso específico del agua a 4 °C. Es una propiedad adimensional. [13]

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

1.1.3.5.1.5. Densidad Aparente (γ)

Es la relación entre la masa de un suelo y su volumen. [13]

$$\gamma = \frac{\text{masa}}{\text{Volumen}} = \frac{W_m}{V_m}$$

1.1.3.5.1.6. Relación de Vacíos (e)

Denominada también índice de poros, es la relación entre el volumen de vacíos de un suelo y el volumen de la fase sólida de un suelo. [13]

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

1.1.3.5.1.7. Porosidad (n)

Es la relación entre el volumen de vacíos de un suelo y el volumen de la masa de dicho suelo. [13]

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

1.1.3.5.1.8. Grado de Saturación del Agua ($G\omega\%$)

Es la relación entre el volumen de agua contenida en un suelo, y el volumen de vacíos. Se expresa en porcentaje. [13]

$$G\omega\% = \frac{V_w}{V_v} * 100\%$$

1.1.3.5.1.9. Grado de saturación del Aire ($G_a\%$)

Es la relación entre el volumen del aire contenido en un suelo, y el volumen de vacíos. Se expresa en porcentaje. [13]

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

1.1.3.5.1.10. Peso Específico Seco (γ_d)

Es la relación entre el peso de una muestra de suelo seca, y el volumen de masa. [13]

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

1.1.3.5.1.11. Plasticidad

La plasticidad es la propiedad de presentar los suelos de poder deformarse hasta cierto límite, sin romperse, por medio de ella se mide el comportamiento de los suelos, en las arcillas esta propiedad se presenta en grado variable. Para conocer la plasticidad se hace uso de los límites de Atterberg: Límite Líquido (LL), Límite Plástico (LP) y Límite de Contracción (LC). Todos los límites se determinan usando el suelo que pasa el tamiz N° 40. [11]

La plasticidad del suelo depende del contenido de arcilla que se encuentre en éste, desplazándose como sustancia viscosa a lo largo de la superficie mineral. [14]

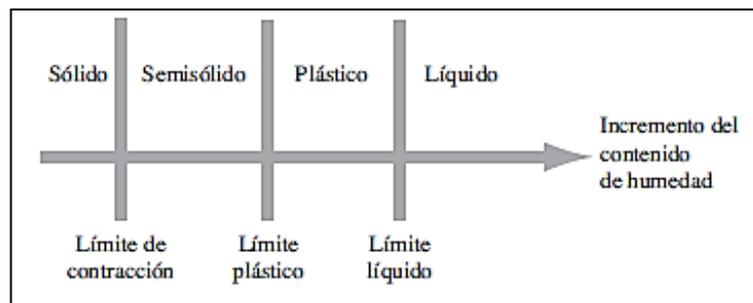


Figura 4: Límites de Atterberg

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica M. Das [10]

Los límites líquido y plástico dependen de la cantidad y tipo de arcilla del suelo, pero el índice plástico (IP), depende generalmente de la cantidad de arcilla. Cuando no se puede determinar el límite plástico de un suelo se dice que es no plástico (N.P), del mismo modo cuando se obtiene un índice plástico igual a cero. Cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo presenta baja plasticidad, cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico, y cuando el suelo presenta un índice plástico mayor a 17 se dice que es altamente plástico. [11]

Límite Líquido

Se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico. Los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte,

según Atterberg de 25 gr/cm². La cohesión de un suelo en el límite líquido es prácticamente nula. [11]

Límite Plástico

El límite plástico (L.P), se define como el contenido de humedad, expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico. Para determinarlo generalmente se hace uso del material que ha sobrado de la prueba del límite líquido y al cual se le evapora humedad por mezclado hasta tener una mezcla plástica que sea fácilmente moldeable. [11]

Límite de Contracción

El límite de contracción (L.C) se define como el porcentaje de humedad con respecto al peso seco de la muestra, con el cual una reducción de agua no ocasiona ya disminución en el volumen del suelo. La diferencia entre el límite plástico y el límite de contracción se llama índice de contracción (I.C) y señala el rango de humedad para el cual el suelo tiene una consistencia semisólida.[11]

1.1.3.5.2. Propiedades Mecánicas.

1.1.3.5.2.1. Compactación

Se define a la compactación de los suelos como el mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos, la importancia de la compactación consiste en el aumento de resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtiene al sujetar el suelo a técnicas adecuadas que aumenten su peso específico seco, disminuyendo sus vacíos. Las técnicas de compactación se aplican a rellenos artificiales, diques, terraplenes, pavimentos, y en el caso de cimentaciones se hace necesario compactar el terreno natural. [9]

En el proceso de la compactación del suelo normalmente se utilizan rodillos de ruedas lisas, rodillos compactadores de suelo, rodillos neumáticos de goma y rodillos vibratorios. Los rodillos vibratorios se utilizan generalmente en la densificación de suelos granulares.

Cuando se añade agua a la tierra durante la compactación, está actúa como agente suavizante sobre las partículas del suelo, deslizándose una sobre la otra y se mueven

en una posición densamente empaquetadas. El peso unitario seco después de la compactación primero aumenta, a medida que se incrementa el contenido de humedad.[10]

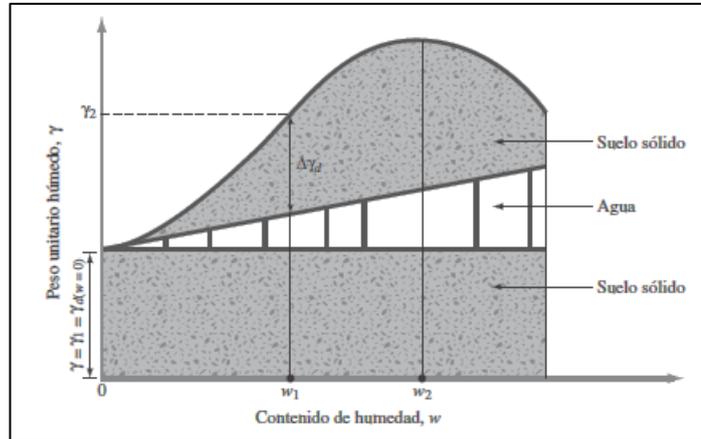


Figura 5: Principios de Compactación

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M. Das [10]

Cuando el contenido de humedad se aumenta gradualmente y el mismo esfuerzo compactador se utiliza para la compactación, el peso de los sólidos del suelo en una unidad de volumen aumenta gradualmente.

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.

La distribución de tamaño de grano, forma con los granos del suelo forma 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.

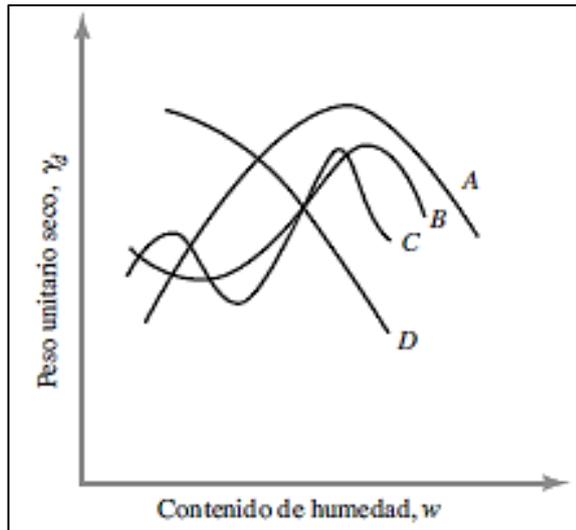


Figura 6: Diferentes tipos de curvas de compactación encontradas en suelos

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M. Das[10]

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.[10]

La energía de compactación por unidad de volumen, E, puede definirse como:

$$E = \frac{N \times n \times w \times h}{V}$$

En donde:

- E= Energía específica de compactación (Kg/cm³)
- N= Número de golpes por capa
- n= Número de capas
- w= Peso del Pistón
- h= Altura de caída del Pistón
- V= Volumen total del suelo compactado

A medida que aumenta el esfuerzo de compactación, el peso unitario seco máximo de compactación se incrementa y el contenido óptimo de humedad se reduce en cierta medida.[10]

1.1.3.5.2.2. Prueba de Proctor

La prueba de Proctor se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo compactado para diferentes contenidos de humedad, teniendo como objetivo determinar el peso volumétrico seco máximo que puede alcanzar un material, así como la humedad óptima a la que deberá hacerse la compactación, además de determinar el grado de compactación alcanzado por el material durante la construcción o cuando ya se encuentren construidos los caminos, relacionado el peso volumétrico obtenido en el lugar con el peso volumétrico máximo Proctor.

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. [11]

Proctor Estándar

Tiene como finalidad determinar el peso volumétrico seco máximo y la humedad óptima en suelos con material de 3/8" además de determinar la calidad de los suelos en cuanto a valor de soporte se refiere, midiendo la resistencia a la penetración del suelo, compactado y sujeto a un determinado periodo de saturación. [11]

El suelo se compacta en un molde que tiene un volumen de 943.3 cm³, cuyo diámetro es 101.6 mm. Durante la prueba de laboratorio el molde se une a una placa en la parte inferior y a una extensión en la parte superior. El suelo se mezcla con cantidades variables de agua y luego es compactado en tres capas iguales por un martillo que entrega 25 golpes a cada capa. El martillo pesa 24.4 N, con una caída de 304.8 mm.[10]

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 un 20% o menos del peso total que es retenido por 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. [10]

Proctor Modificado

Es una modificación del Proctor estándar, con el fin de mejorar las condiciones de campo, mediante la utilización de rodillos pesados en la compactación en campo, se utiliza el mismo molde del Proctor estándar, con un volumen de 943.3 cm³, sin embargo, el suelo es compactado en cinco capas por un martillo que pesa 44.5 N y tiene una caída de 457.2 mm. El número de golpes de martillo para cada capa se mantiene en 25. [10]

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 un 20% o menos del peso total que es retenido por 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 [10]

Debido a que el esfuerzo de compactación aumenta, los resultados de la prueba Proctor modificada resulta en un aumento del peso unitario seco máximo del suelo, que se acompaña de una disminución del contenido de humedad óptimo. [10]

1.1.3.5.2.3. Cono Dinámico de Penetración

En 1956 Scala desarrollo el DCP, el cual es un instrumento utilizado para evaluar la resistencia de suelos no compactados como compactados y estimar un valor de CBR en campo. El DCP estima la capacidad estructural de las diferentes capas que

conforman un pavimento, 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. [15]

Especificaciones del DCP

La ASTM, presentó una metodología estándar para el uso y aplicación del DCP en pavimentos, con la designación D 6951-03, con un martinete de 8 Kg el cual tiene una caída libre de 575 mm y un cono intercambiable en la punta con un ángulo de 60° y un diámetro de 20 mm. [15]

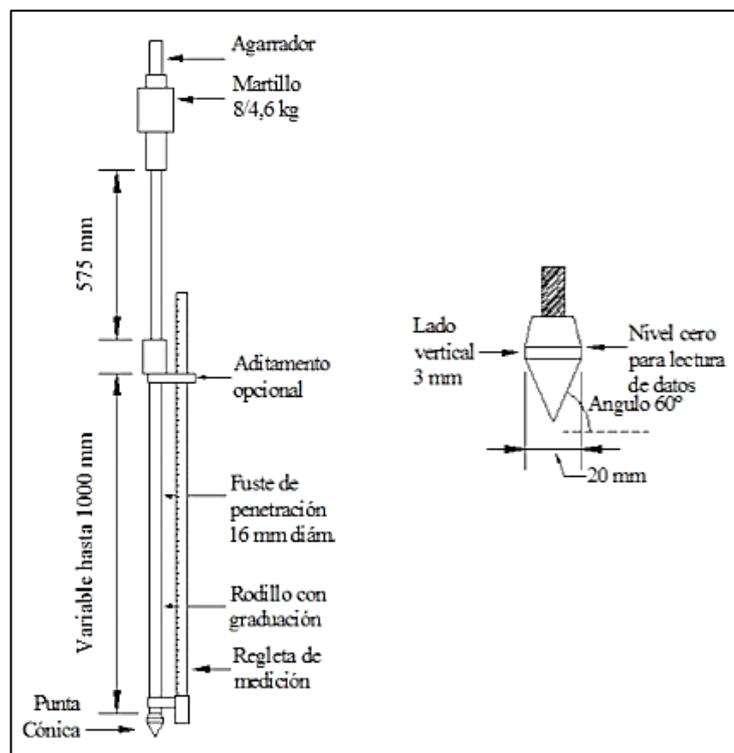


Figura 7: Esquema del Equipo DCP (ASTM D-6951-03)

Fuente: El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos
F. V. Agreda [15]

Curva DCP

La curva DCP es una gráfica que representa la penetración acumulada en función del número de golpes acumulados para los respectivos datos. En este tipo de curvas, se puede visibilizar el número de capas existentes representadas por rectas con diferentes pendientes, al igual que determinar el espesor de dichas capas. [15]

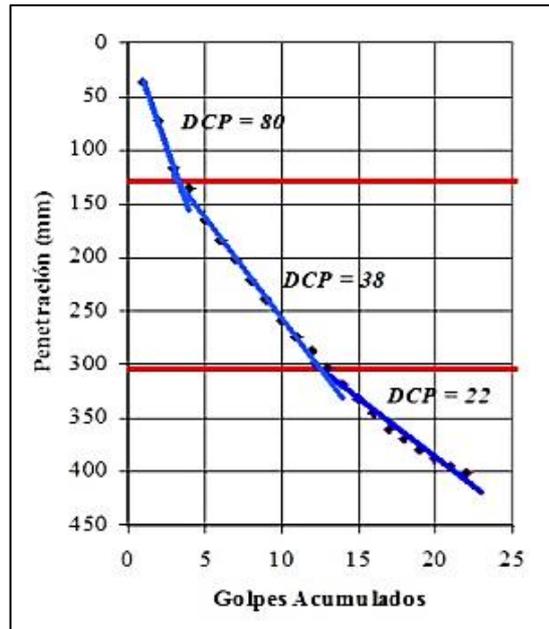


Figura 8: Curva DCP para una serie de valores, se observan tres capas diferentes

Fuente: El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos
F. V. Agreda. [15]

1.1.3.5.2.4. Relación de Soporte de California

En 1929 la División de Carreteras de California desarrollo el ensayo de relación de soporte de California, como una forma de clasificación de la capacidad de un suelo para ser utilizado como subrasante o material de base en construcción de carreteras. El ensayo CBR mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un número de la relación de soporte.

El número CBR, se obtiene como la relación de la carga unitaria necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón de penetración dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas 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. [12]

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

Tabla 6: Valores de Carga Unitaria

PENETRACIÓN		CARGA UNITARIA PATRÓN	
mm	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 Joseph E. Bowles[12]

Usualmente el número de CBR 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.

Para el diseño de pavimentos de carreteras y aeropistas se emplea la siguiente tabla, utilizando el número de CBR, y se lee directamente el espesor de Subrasante, base, y/o espesor del pavimento flexible, basado en las cargas de llanta esperada. En algunas ocasiones el valor de CBR se convierte a módulo de subrasante, antes de entrar a las tablas de diseño de pavimentos.[12]

Tabla 7: Clasificación General de acuerdo con el número CBR

No. CBR	Clasificación General	Usos	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	
			Unificado	AASHTO
0-3	Muy pobre	Subrasante	OH,CH,MH, OL	A5,A6,A7
3-7	Pobre a regular	Subrasante	OH,CH,MH, OL	A4,A5,A6,A7
7-20	Regular	Subbase	OL,CL,ML,SC, SM,SP	A2,A4,A6,A7
20-50	Bueno	Base, subbase	GM,GC,SW,SM SP,GP	A1b,A2- 5,AA3,A2-6
>50	Excelente	Base	GW,GM	A1a,A2-4,A3

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil Joseph E. Bowles[12]

1.1.3.6. Pavimentos

1.1.3.6.1. Definición

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le trasmite durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.[16]

Las capas localizadas a mayor profundidad pueden ser de menor calidad, en relación con el nivel de esfuerzos que recibirán, aunque el pavimento distribuye los esfuerzos a las capas inferiores y los distribuyen de manera conveniente, con el fin de que éstas los resistan. La calidad y los espesores de las capas del pavimento deben estar infinitamente relacionados con los materiales de las capas inferiores, es decir tanto los esfuerzos debido al tráfico como la calidad de las terracerías influyen en su estructuración para así brindar, seguridad, rapidez y comodidad.[17]

1.1.3.6.2. Componentes de un Pavimento

Se puede considerar que la estructura actual de un pavimento está formada por una super estructura encima de una fundación, esta última debe ser el resultado de un estudio geotécnico adecuado. La superestructura está constituida por la capa de

revestimiento y la capa base, la fundación está formada por las capas de subbase y suelo compactado.[18]

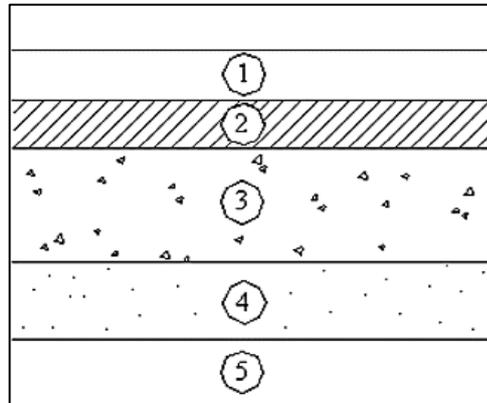


Figura 9: Sección típica de un pavimento

Fuente : Pavimentos - Universidad Mayor de San Simón [18]

Tabla 8: Sección típica de un pavimento

1	Capa de Rodadura
2	Capa Base
3	Capa Sub-base
4	Suelo de mejoramiento
5	Subrasante

Fuente: Pavimentos - Universidad Mayor de San Simón [18]

La capa de rodadura tiene la finalidad de impermeabilizar el pavimento, para que las capas subyacentes puedan mantener su capacidad de soporte, proveer una superficie resistente al deslizamiento, incluso en una pista húmeda y reducir las tensiones verticales que la carga por ejes ejerce sobre la capa base. La capa base tiene la función de reducir las tensiones verticales por eje que ejercen sobre las capas subbase y suelo natural, reducir las deformaciones de tracción que las cargas por eje ejercen a la capa de revestimiento asfáltico y permitir el drenaje del agua que se infiltra en el pavimento, a través de drenajes laterales. La capa de subbase está constituida por un material de capacidad de soporte superior a la del suelo compactado con el fin de permitir la reducción de la capa base. El suelo compactado es el mismo suelo del terraplén, que está cortado y compactado. [18]

1.1.3.6.3. Tipos de Pavimentos

1.1.3.6.3.1. Pavimentos Flexibles

Este tipo de pavimento está formado por una capa bituminosa apoyada sobre las capas no rígidas. Las cargas de los vehículos se reparten hacia las capas inferiores, se ordenan por medio de las características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales, y la carpeta asfáltica se pliega a pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa. Las capas que forman un pavimento flexible son: carpeta asfáltica, base y subbase, las cuales se construyen sobre una subrasante.[17]

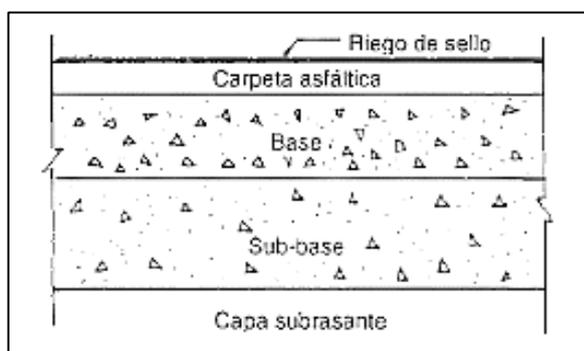


Figura 10: Capas que forman en general un pavimento flexible

Fuente: Estructuración de vías Terrestres Bustamante. F [17]

1.1.3.6.3.2. Pavimentos Rígidos

La superficie que presenta un pavimento rígido es proporcionada por losas de concreto hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos a las capas inferiores mediante toda la superficie de la losa y de las adyacentes, que trabajan en conjunto con la que recibe directamente las cargas. Este tipo de pavimento no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores sin que se presente la falla estructural. Es necesario construir una capa de subbase para evitar que los finos sean bombeados hacia la superficie de rodamiento al pasar de los vehículos, lo cual ocasiona falla de esquina o de orilla en la losa. La sección transversal de un pavimento rígido consta de: Losa de concreto hidráulico y la subbase que se construye sobre la subrasante.[17]

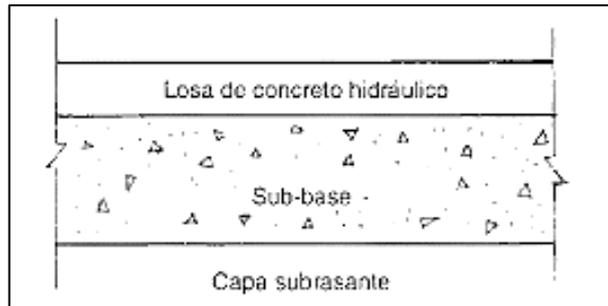


Figura 11: Capas que forman un pavimento rígido

Fuente: Estructuración de vías Terrestres Bustamante. F [17]

1.1.3.6.3.3. Pavimentos Semirrígidos

Este tipo de pavimentos básicamente presenta la misma estructura que un pavimento flexible, con la única diferencia que una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser asfalto, emulsión, cemento cal y químicos[16]. Sin embargo para evitar que la carpeta se agriete debido a pequeñas deformaciones de base, ésta debe construirse con cemento portland o cal a fin de que los módulos de elasticidad de ambas capas se parezcan lo más posible.[17]

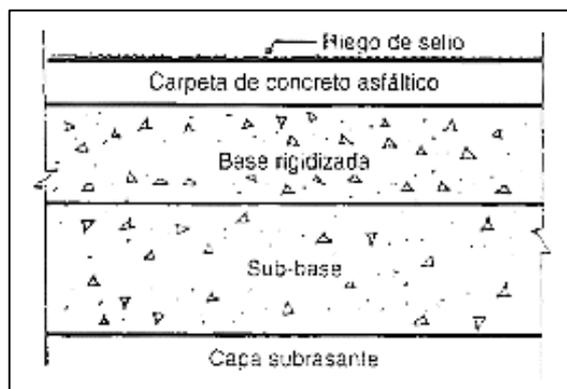


Figura 12: Capas que forman un pavimento semirrígido

Fuente: Estructuración de vías Terrestres Bustamante. F [17]

1.1.3.6.3.4. 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. [19]

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. [18]

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

Donde:

- W_{18} = Número de aplicación de carga de 80 KN
- Z_r = Desviación estándar normal
- S_o = Desviación estándar global
- SN= Número estructural
- ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño
- Mr= Módulo resiliente de la subrasante

Módulo de Resiliencia

Se establece el módulo de resiliencia Mr, 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 Mr, se puede estimar el valor Mr en función del CBR. [18]

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

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

Tabla 9: Relaciones CBR - Mr

Tipo de Suelo	% CBR	Mr (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. [18]

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. [18]

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

Tabla 10: 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, Guide for Design of Pavement Structures [18]

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. [20]

Tabla 11: Porcentaje de W18 según el carril de diseño

Número de carriles en una dirección	Porcentaje del W ₁₈ 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 [19]

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.

Tabla 12: 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[18]

La disminución del índice de serviciabilidad (Δ PSI), muestra el deterioro del pavimento y la pérdida de la calidad de servicio de la carretera. [18]

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

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. [20]

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. [18]

Tabla 13: 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: AASHTO, GUIDE FOR Design Structures 1993.[18]

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. [18]

$$0.40 \leq S_o \leq 0.50$$

Tabla 14: 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 [18]

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. [18]

Tabla 15: 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: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structure 1993.[19]

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. [18]

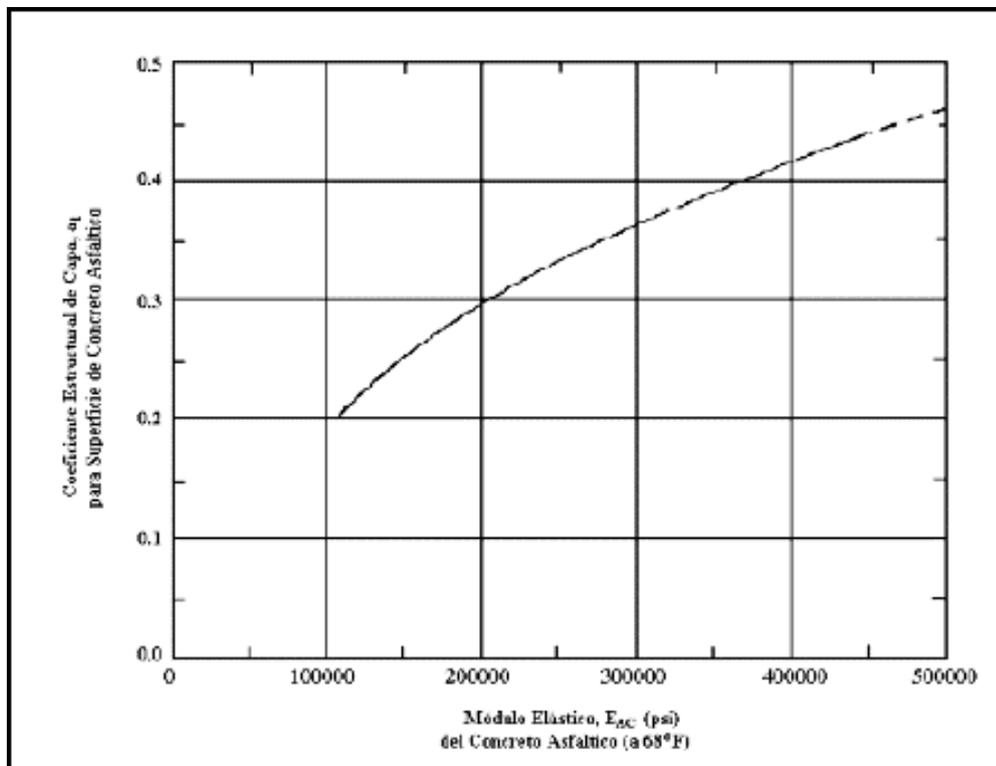


Figura 13: Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica "a1"

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structure 1993.[19]

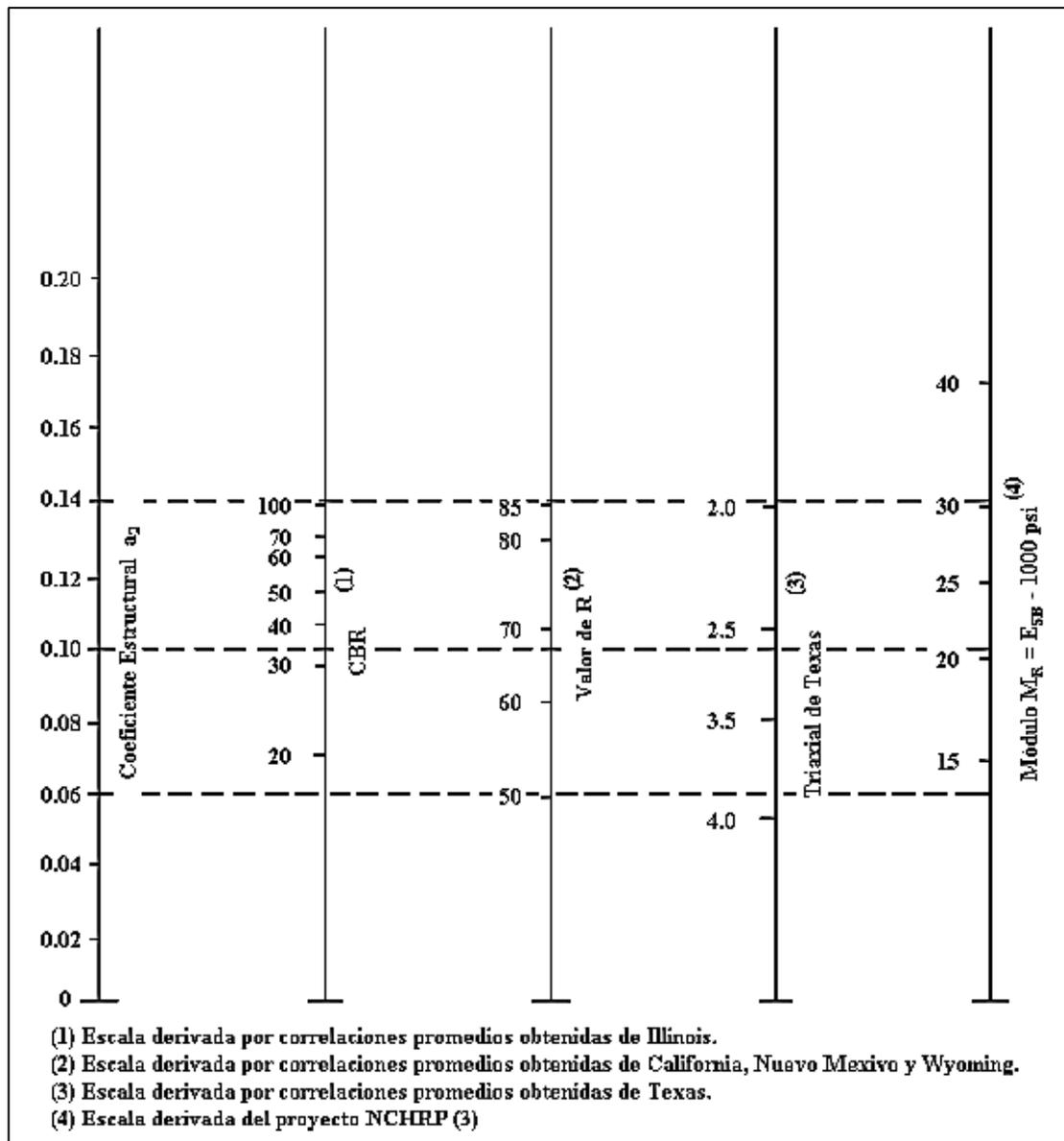


Figura 14: Ábaco para estimar el número estructural de la capa base granular "a2"

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structure 1993.[19]

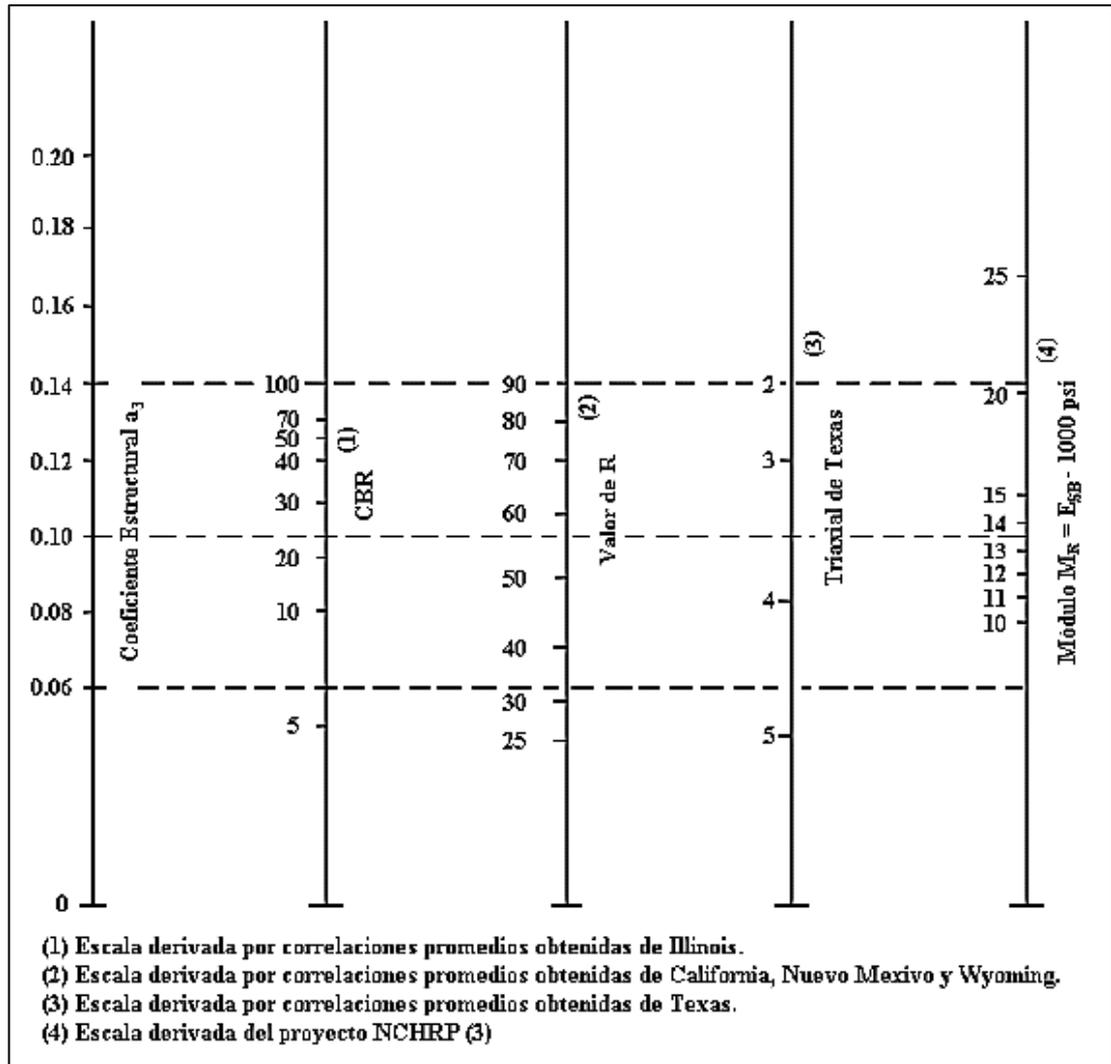


Figura 15: Ábaco para estimar el número estructural de la sub-base granular “a3”

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structure 1993.[19]

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. [18]

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

Tabla 16: 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: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structure 1993.[19]

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.[18]

Tabla 17: Valores m, para modificar los Coeficientes Estructurales o de Capa de Bases y Sub-bases 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: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structure 1993.[19]

1.1.3.7. Análisis de Correlaciones

Existe una correlación entre dos variables, cuando una de ellas está relacionada con la otra de alguna manera [21]. 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[22]. 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.[23]

1.1.3.7.1. 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. [22]

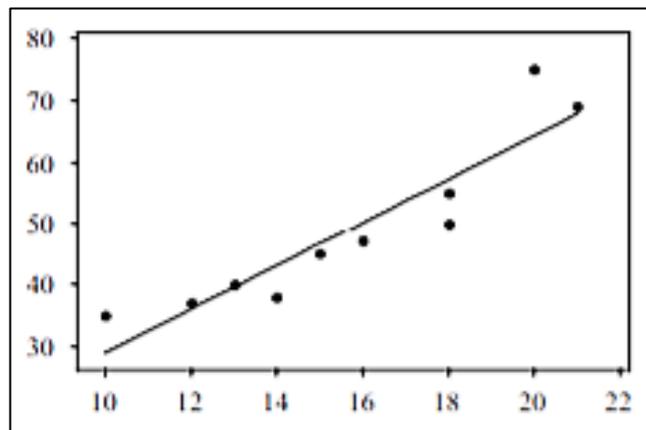


Figura 16: Correlación Lineal Positiva

Fuente: Estadística Shawn – Murray. R Spiegel, Larry.[22]

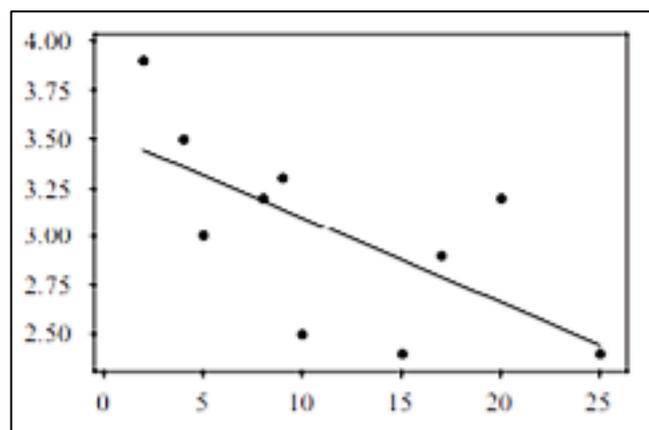


Figura 17: Correlación Lineal Negativa

Fuente: Estadística Shawn – Murray. R Spiegel, Larry.[22]

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). [21]

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.[21]

1.1.3.7.2. 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. [22]

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

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.[22]

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]

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

1.1.3.7.3. 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 18: Rangos de 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 Shawn – Murray. R Spiegel, Larry.[22]

1.1.4. Hipótesis

Existe correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en los suelos granulares, de las parroquias Los Andes y El Sucre del Cantón Patate, 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 las parroquias Los Andes y El Sucre del Cantón Patate, Provincia de Tungurahua.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de las parroquias Los Andes y El Sucre del Cantón Patate, 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 de la investigación en el diseño de pavimentos flexibles en las parroquias Los Andes y El Sucre del Cantón Patate, Provincia de Tungurahua.
- Ampliar la base de datos existente, 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 las parroquias Los Andes y El Sucre, del Cantón Patate para la obtención de 12 puntos de las calicatas, para la toma de muestras respectivas y realizar ensayos de campo y laboratorio.

2.1.2. Trabajo Experimental de Laboratorio

La investigación se desarrolla en gran medida en el laboratorio 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 ya que se realiza el análisis del grado de correlación entre el CBR y las diferentes variables de estudio con el fin de 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 las parroquias Los Andes y El Sucre, del Cantón Patate provincia de Tungurahua.

La parroquia Rural de Los Andes de Patate, se encuentra ubicada en la parte Norte del valle de Patate y a 9.0 Km en la vía Patate – Píllaro, la misma que posee una extensión de 21.3 Km² a una altitud de 2300 m.s.n.m, con una población de 1341 habitantes.

Presenta una condición climática cálida la mayor parte del año, que aporta positivamente a la producción agropecuaria y turística de la zona.

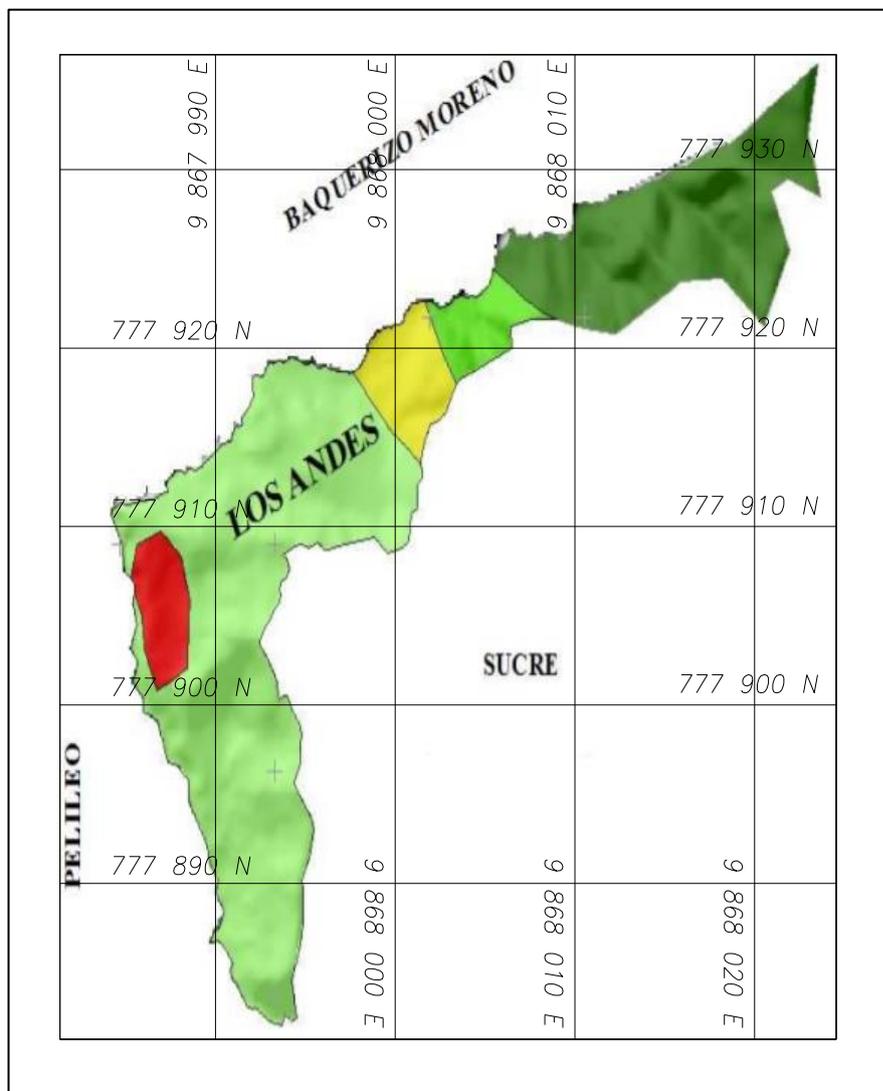


Figura 18: Mapa Geográfico de la Parroquia Los Andes del Cantón Patate

Fuente: P.D.O.T GAD Los Andes

La parroquia rural El sucre se encuentra ubicada en la parte Noroeste del valle de Patate, con una extensión de 165.8 Km² a una altitud de 2740 m.s.n.m, con una población de 2369 habitantes, presenta una temperatura de 10 a 16 grados centígrados en la mayor parte del año que conjuntamente con sus páramos, lagunas, flora y fauna silvestre encierra a esta parroquia, convirtiéndola en un poblado eminentemente agrícola y ganadero de alta producción.

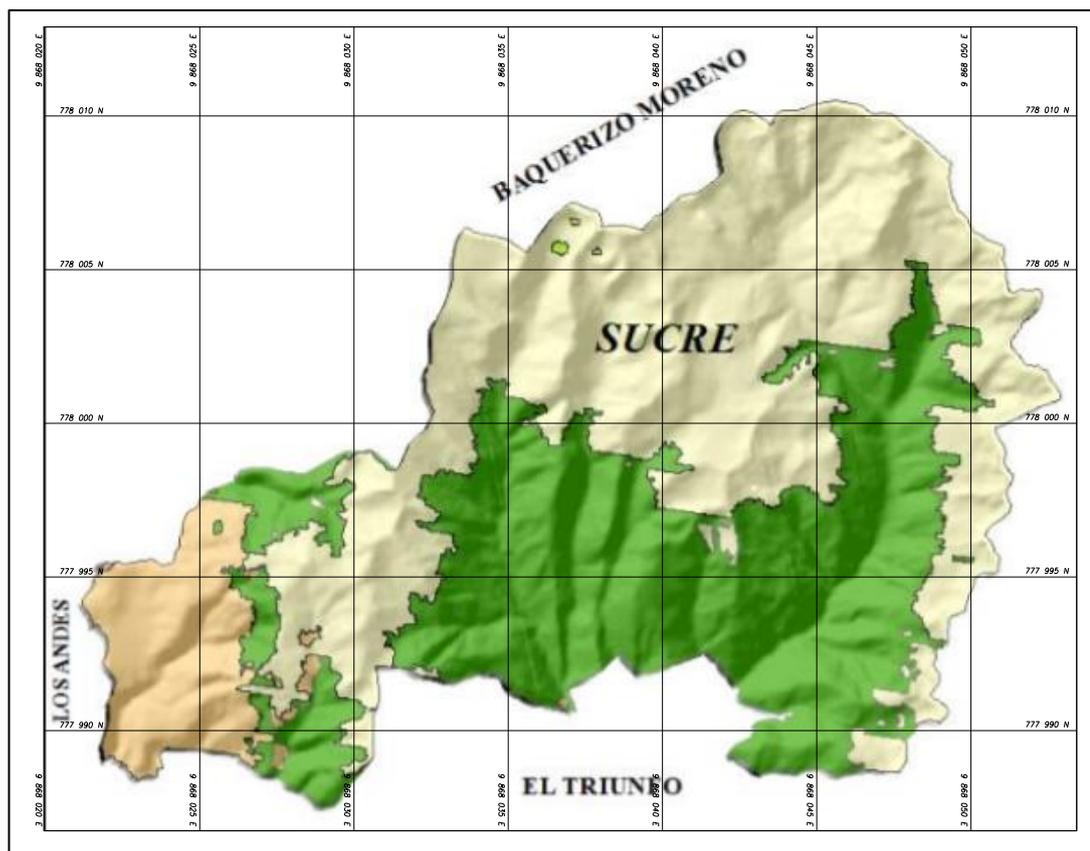


Figura 19: Mapa Geográfico de la Parroquia El Sucre del Cantón Patate

Fuente: P.D.O.T GAD El Sucre

2.2.2. Muestra

El proyecto experimental se desarrolló en las parroquias Los Andes y El Sucre pertenecientes al Cantón Patate, realizando 6 pozos a cielo abierto en cada parroquia a lo largo de las vías principales que comunican el casco urbano con varios caseríos. Las muestras de suelo se obtuvieron de los lados de las vías en secciones de corte, retirando la capa vegetal, mediante calicatas rectangulares de 1.50 m x 1.50 m y 1.00 m de profundidad. Se toma una muestra alterada de aproximadamente 30 Kg en cada punto para los ensayos pertinentes.

Tabla 19: Ubicación de Calicatas en la parroquia Los Andes

CUADRO DE COORDENADAS		
POZO #	NORTE	ESTE
1	9862003.55	776364.90
2	9861682.83	776500.87
3	9861402.50	776592.45
4	9861129.15	776617.78
5	9860994.10	776647.49
6	9860750.16	776603.20

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 20: Ubicación de Calicatas en la parroquia El Sucre

CUADRO DE COORDENADAS		
POZO #	NORTE	ESTE
7	9860786.65	778385.49
8	9860547.26	778652.57
9	9860471.20	779101.46
10	9860043.63	779145.62
11	9860254.79	778864.43
12	9860085.29	778493.02

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

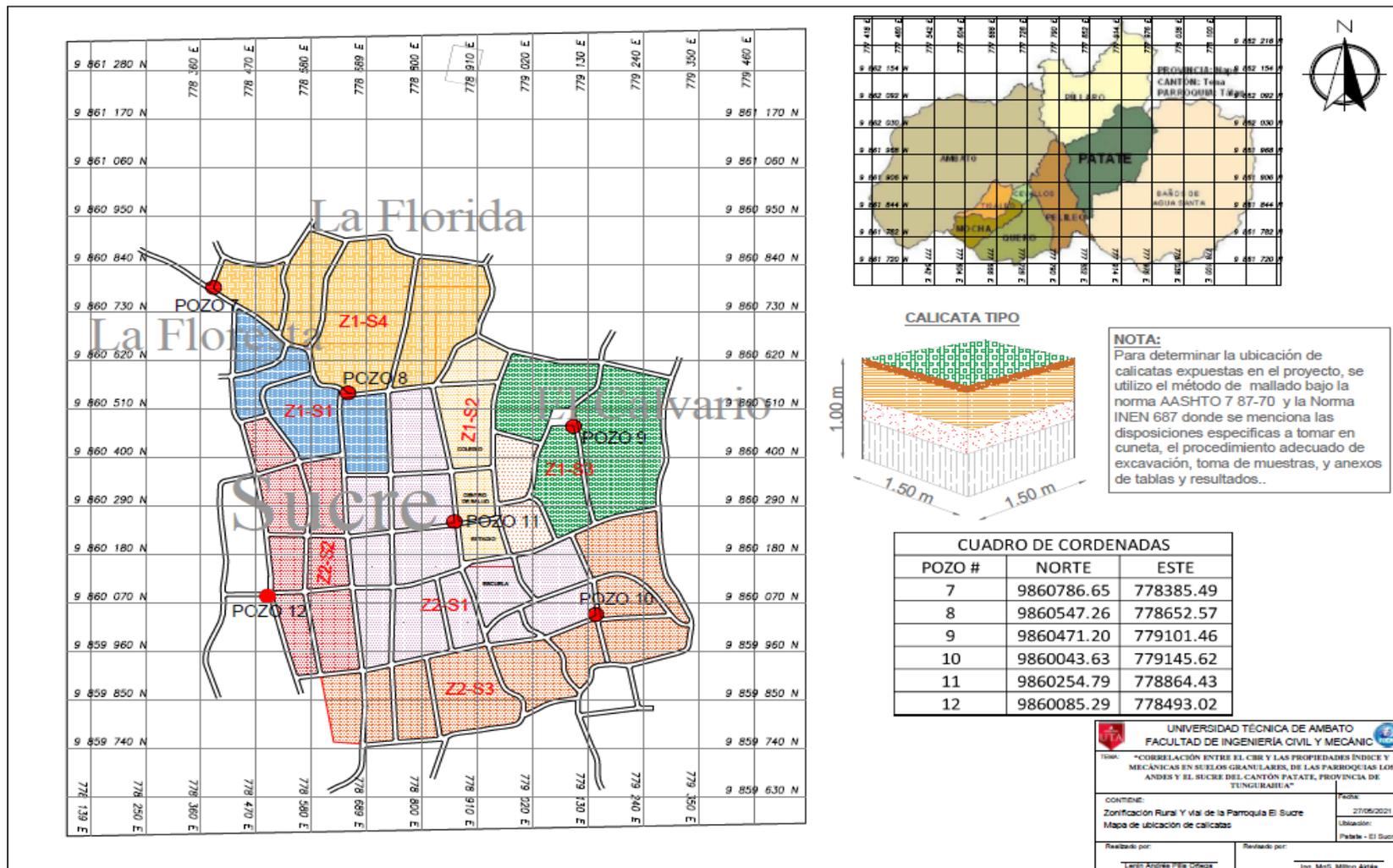


Figura 21 Ubicación de calicatas en la Parroquia El Sucre

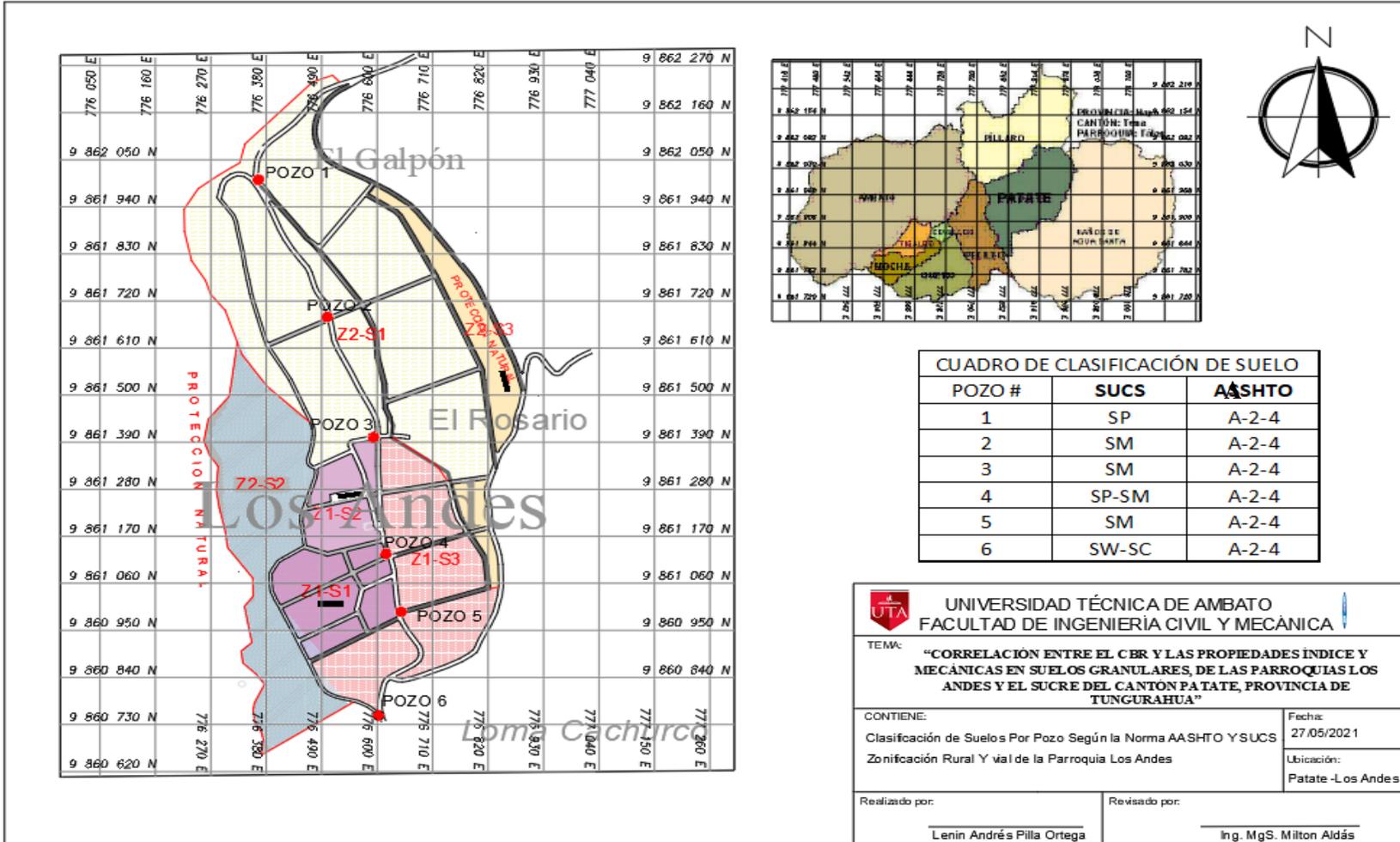


Figura 22: Clasificación de los suelos de acuerdo a al Norma AASHTO Y SUCS

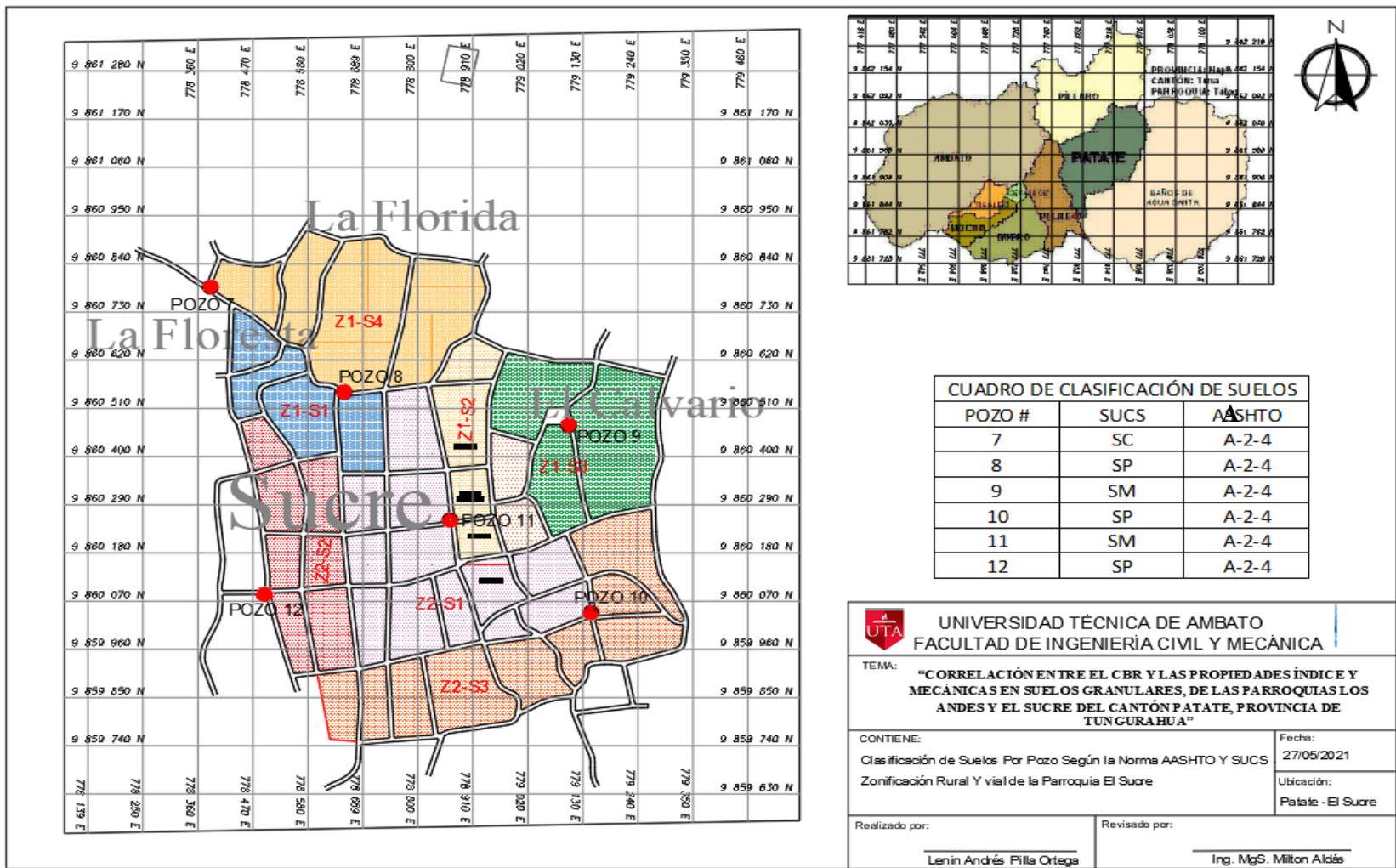


Figura 23: Clasificación de los suelos de acuerdo a la Norma AASHTO Y SUCS

2.3. EQUIPOS Y MATERIALES

Tabla 21: 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 Fuente de mezclado	AASHTO T 90 2016
Proctor Modificado TIPO B	24 kg de suelo que pasa tamiz #4	Bandeja Metálica Cuadrada Martillo de Compactación Molde $\Phi 6''$ 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: Lenin Andrés Pilla Ortega

2.4. MÉTODOS

2.4.1. Plan de Recolección de Datos

Tabla 22: Plan de Recolección de Datos.

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Para qué?	Correlacionar las propiedades índices y mecánicas de los diferentes suelos con su respectivo valor de CBR obtenido en laboratorio.
¿A quién?	A las muestras de suelo tomadas en las parroquias los Andes y El Sucre del Cantón Patate.
¿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?	El investigador Lenin Andrés Pilla Ortega
¿Cuándo?	Ensayos de Laboratorio: 31/05/2021 al 12/07/2021 Ensayos de Campo: 26/07/2021 al 31/07/2021 Procesamiento de datos y resultados: desde agosto hasta octubre
¿Dónde?	Parroquia Los Andes y El Sucre del Cantón Patate, 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 #4. 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 del contenido óptimo de humedad es utilizada para realizar el ensayo de Soporte California CBR, como lo establece la norma (AASHTO T 193 2013).

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

2.4.2. Ensayos de Campo y Laboratorio.

- **Pozo a Cielo Abierto:** se empieza quitando la capa vegetal, del área en donde se desarrollará el ensayo, con la ayuda de un pico y una pala se elabora una excavación con dimensiones y procesos establecidos en la Norma AASHTO T 87-70. (Ver Anexo A Fotografía 1)
- **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. (Ver Anexo A Fotografía 3)
- **Cono Dinámico de Penetración (DCP):** con el quipo 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)
- **Gravedad Específica de los Sólidos:** Se introduce en el picnómetro 50 gr de muestra de suelo seco que pasa el tamiz # 4, posteriormente se llena de agua hasta la marca de aforo, 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. (Ver Anexo A fotografía 5)
- **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). (Ver Anexo A fotografía 4)
- **Límite Líquido (Copa Casagrande);** siguiendo la guía que presenta la Norma AASHTO T 89, se determina mediante el equipo de Copa de Casa Grande, el límite líquido de la muestra en estudio. (Ver Anexo A Fotografía 6)
- **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. (Ver Anexo A Fotografía 7)
- **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 Proctor para la determinación del contenido de Humedad Óptimo y Densidad Seca Máxima. (Ver Anexo A Fotografía 8)

- **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. (Ver Anexo A Fotografía 12)

2.4.3. Plan de Procesamiento y Análisis de Información

Plan de Procesamiento

- Obtención de 12 Muestras de suelo de las parroquias Los Andes y El Sucre del Cantón Patate, para ser analizadas en el laboratorio.
- Realización de ensayos de campo y laboratorio a 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 determinar 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

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 las parroquias El Sucre y Los Andes del cantón Patate.

Tabla 23: Nomenclatura de variables usadas en los ensayos de laboratorio y campo

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
LL	Límite Líquido	%
IP	Índice Plástico	%
LP	Límite Plástico	%
Wnat	Humedad Natural	%
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	%
yd in - situ	Densidad seca in – situ	gr/cm ³
yd máx	Densidad seca máxima	gr/cm ³
Wopt	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: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 24: Propiedades Índice del Suelo

Ubicación	N° de Muestra	Límite Líquido	Índice Plástico	Límite Plástico	Humedad Natural	Gravedad Específica	Relación de Vacíos	Porosidad	Grado de Saturación del Agua	Grado de Saturación del Aire	Clasificación		Granulometría		
	#	LL	IP	LP	Wnat	Gs	e	n	Gw	Ga	SUCS	AASHTO	Grava	Arena	Limo
		%	%	%	%		%	%	%	%			%	G%	S%
Patate - Los Andes - Vía Galpón	1	26.17	2.29	23.87	24.76	2.31	0.68	40.52	78.66	21.36	SP	A-2-4	0.00	98.00	2.00
Patate - Los Andes - Vía Galpón Centro	2	25.83	1.39	24.44	22.74	2.54	0.81	44.73	66.39	33.61	SM	A-2-4	0.00	75.00	25.00
Patate - Los Andes - Vía El Rosario	3	25.43	1.82	23.60	11.33	2.40	0.59	37.28	61.15	38.85	SM	A-2-4	0.00	75.00	25.00
Patate - Los Andes - Vía El Centro	4	24.98	2.49	22.49	13.48	2.50	0.77	43.52	57.60	42.40	SP-SM	A-2-4	0.00	99.00	1.00
Patate - Los Andes - Vía Poatug	5	23.53	2.87	20.67	25.21	2.26	0.76	43.18	65.91	34.09	SM	A-2-4	2.00	98.00	0.00
Patate - Los Andes - Vía Loma Chacurco	6	21.02	1.98	19.05	26.51	2.49	1.07	51.80	68.18	31.82	SW-SC	A-2-4	0.00	80.00	20.00
Patate - El Sucre - Vía La Florida	7	24.59	2.43	22.16	22.80	2.47	0.77	43.40	68.22	31.78	SC	A-4	0.00	23.00	27.00
Patate - El Sucre - Vía La Floresta	8	22.27	2.11	20.16	13.39	2.40	0.62	38.13	52.99	47.00	SP	A-2-4	2.00	97.00	1.00
Patate - El Sucre - Vía El Calvario Alto	9	22.96	3.25	19.72	18.41	2.23	0.74	42.47	51.54	48.46	SM	A-2-4	2.00	97.00	1.00
Patate - El Sucre - Vía El Calvario Bajo	10	25.40	1.95	23.44	20.03	2.22	0.75	42.75	65.32	34.68	SP	A-2-4	0.00	99.00	1.00
Patate - El Sucre - Vía EL Centro	11	26.36	1.20	25.16	9.24	2.48	0.69	40.69	53.73	46.27	SM	A-2-4	0.00	71.00	29.00
Patate - El Sucre - Vía EL Bosque	12	25.91	1.47	24.44	9.76	2.27	0.62	38.45	63.01	36.99	SP	A-2-4	2.00	97.00	1.00

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 25: Propiedades Mecánicas del Suelo

Ubicación	N° de Muestra	Densidad de campo	Compactación			CBR			DCP
			Densidad seca máxima	Contenido de Humedad Óptima	Grado de Compactación	95% yd máx			DN
	#	[yd] gr/cm³	mm gr/cm³	W opt %	Gc %	% 0,1"	% 0,2"	% Mayor	mm/golpe
Patate - Los Andes - Vía Galpón	1	1.377	1.525	19.50	90.30	7.09	8.40	8.40	22.17
Patate - Los Andes - Vía Galpón Centro	2	1.404	1.471	19.70	95.45	9.60	10.80	10.80	21.26
Patate - Los Andes - Vía El Rosario	3	1.503	1.513	19.00	99.34	9.70	11.00	11.00	23.11
Patate - Los Andes - Vía El Centro	4	1.413	1.518	19.10	93.08	10.80	13.65	13.65	30.13
Patate - Los Andes - Vía Poatug	5	1.284	1.625	16.30	79.02	15.20	18.90	18.90	25.48
Patate - Los Andes - Vía Loma Chacurco	6	1.199	1.599	18.00	74.98	9.25	10.75	10.75	22.96
Patate - El Sucre - Vía La Florida	7	1.391	1.552	18.00	89.63	10.10	12.70	12.70	18.96
Patate - El Sucre - Vía La Floresta	8	1.480	1.639	19.40	90.30	12.45	14.18	14.18	21.65
Patate - El Sucre - Vía El Calvario Alto	9	1.354	1.528	16.30	88.61	6.85	8.83	8.83	25.62
Patate - El Sucre - Vía El Calvario Bajo	10	1.264	1.591	16.70	79.45	8.70	10.30	10.30	14.73
Patate - El Sucre - Vía EL Centro	11	1.466	1.539	18.20	95.26	7.00	7.90	7.90	21.30
Patate - El Sucre - Vía EL Bosque	12	1.397	1.599	19.60	87.37	9.05	10.20	10.20	25.93

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

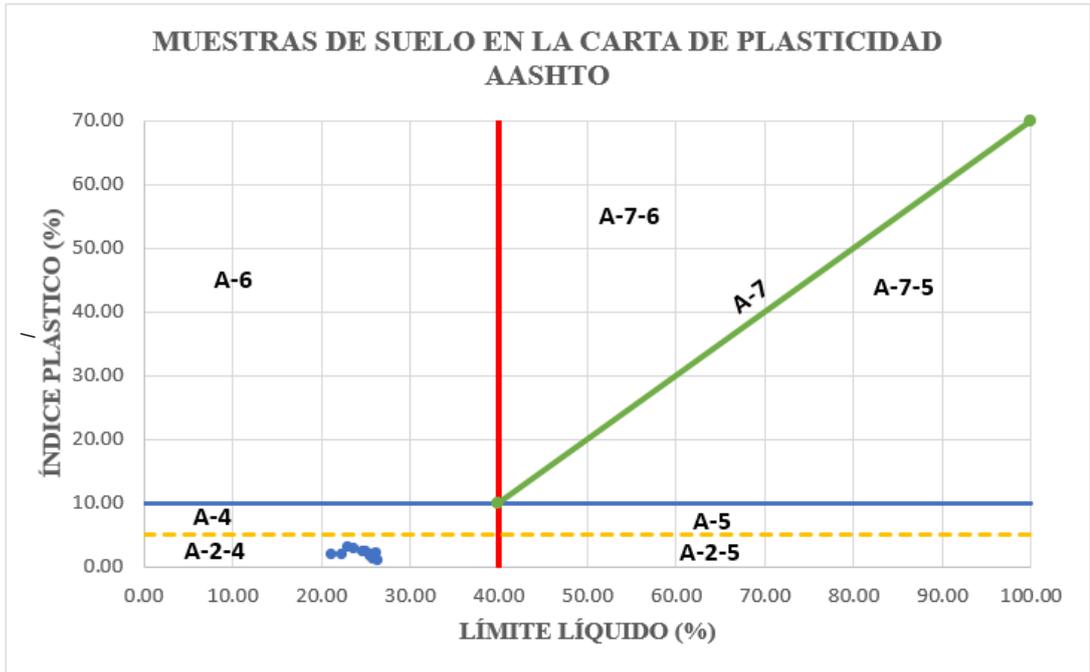


Figura 24: Carta de Plasticidad de la AASHTO

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

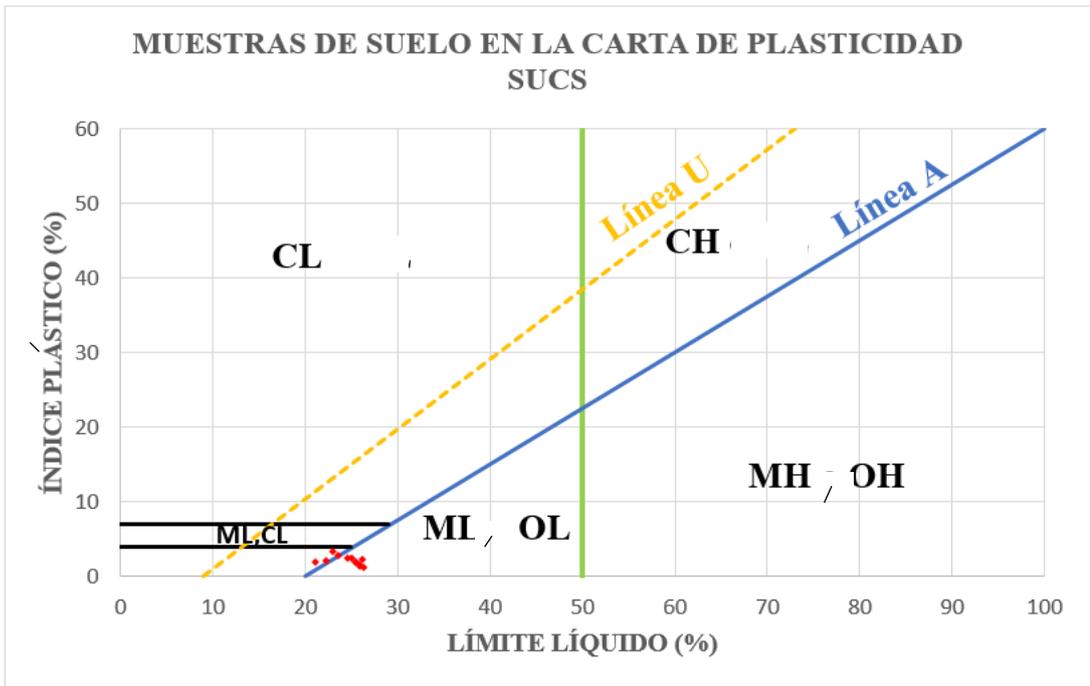


Figura 25: Carta de Plasticidad de la SUCS

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

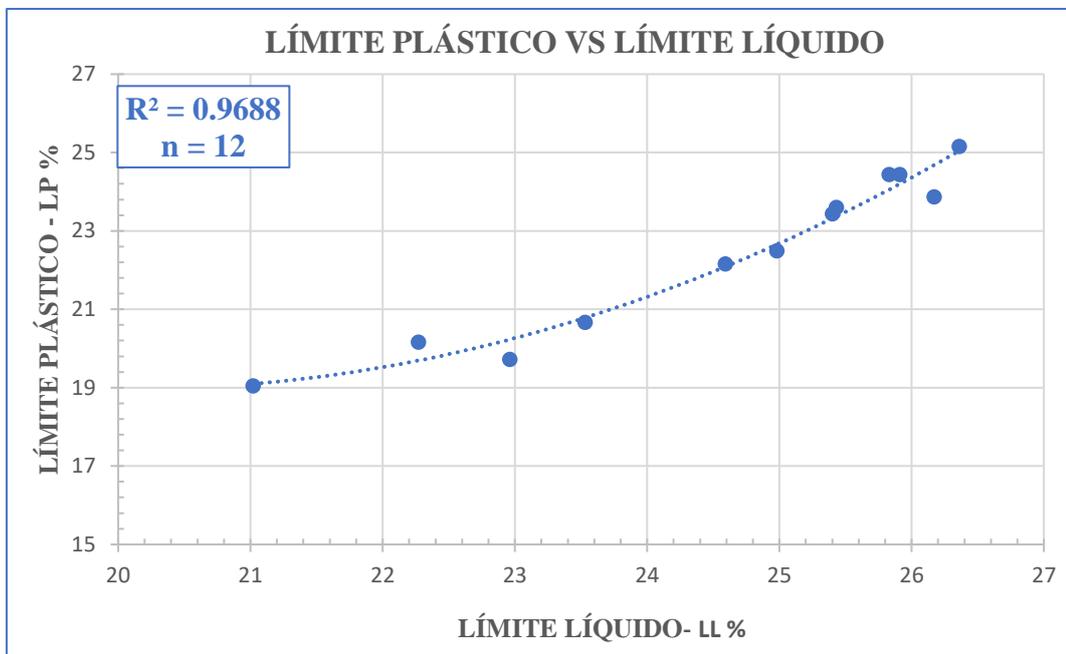
Tabla 26: Correlaciones entre las propiedades del suelo

No.	Ecuación	Coefficiente de Correlación R ² (%)	No. de Muestras
1	$LP = 0.1561 LL^2 - 6.2829 LL + 82.196$	96.88	12
2	$Gw = 13.771 \ln (W \text{ nat}) + 22.995$	77.74	10
3	$Ga = - 0.6738 W \text{ nat} + 49.506$	62.41	10
4	$W \text{ nat} = - 41.151 Gs + 113.93$	60.08	10
5	$W \text{ ópt} = - 47.10 + 54.19 \log (LL) - 0.30 LP$	62.83	12
6	$W \text{ ópt} = 1.2466 LL^{0.94} * \gamma \text{ situ}^{-0.5015}$	78.30	12
7	$W \text{ ópt} = - 0.0468 LL^2 + 2.8742 LL - 20.782$	61.67	12
8	$\gamma \text{dmáx} = 4.285 - 1.714 \text{ Log } LL - 0.269 \gamma \text{ situ}$	57.50	12
9	$\gamma \text{dmáx} = 2.216 - 0.03 L1 + 0.01 W \text{ nat}$	65.25	12
10	$\gamma \text{dmáx} = - 0.546 + 2.716 \text{ Log } LL - 0.075 LP$	74.97	12
11	$\gamma \text{dsitu} = 0.8437 e^2 - 2.0419 e + 2.4253$	68.11	12
12	$\gamma \text{dmáx} = 2.153 - 0.023 LL - 0.0053 \text{ No. } 200$	63.20	12
Correlaciones DN vs PROPIEDADES ÍNDICE			
13	$DN = 1.2982 IP^2 - 3.8402 IP + 24.56$	64.05	12
14	$DN = 45.515 W \text{ nat}^{-0.253}$	63.73	12
15	$DN = 0.0207 Gw^2 - 2.9102 Gw + 122.49$	69.72	12
16	$DN = 0.706 + 5.581 IP + 0.158 Ga$	54.88	12
17	$\gamma \text{dsitu} = 2.240 + 0.0062 DN - 0.646 \gamma \text{dmáx}$	73.78	12
18	$\gamma \text{dmáx} = 11.7853 LL^{-0.469} * DN^{-0.1738}$	62.87	10
Correlaciones CBR vs PROPIEDADES ÍNDICE			
19	$CBR\% = - 8.251 + 24.295 \text{ Log } LL - 0.595 LP$	54.05	12
20	$CBR\% = 0.0257 LL^2 - 2.909 LL + 64.73$	82.46	10
21	$CBR\% = 3.3071 W \text{ nat}^{0.4525}$	52.25	10
22	$CBR\% = 740.34 DN^{-1.377}$	57.26	12

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

CORRELACIÓN No. 1

Límite Plástico vs Límite Líquido



Ecuación: $LP = 0.1561 LL^2 - 6.2829 LL + 82.196$

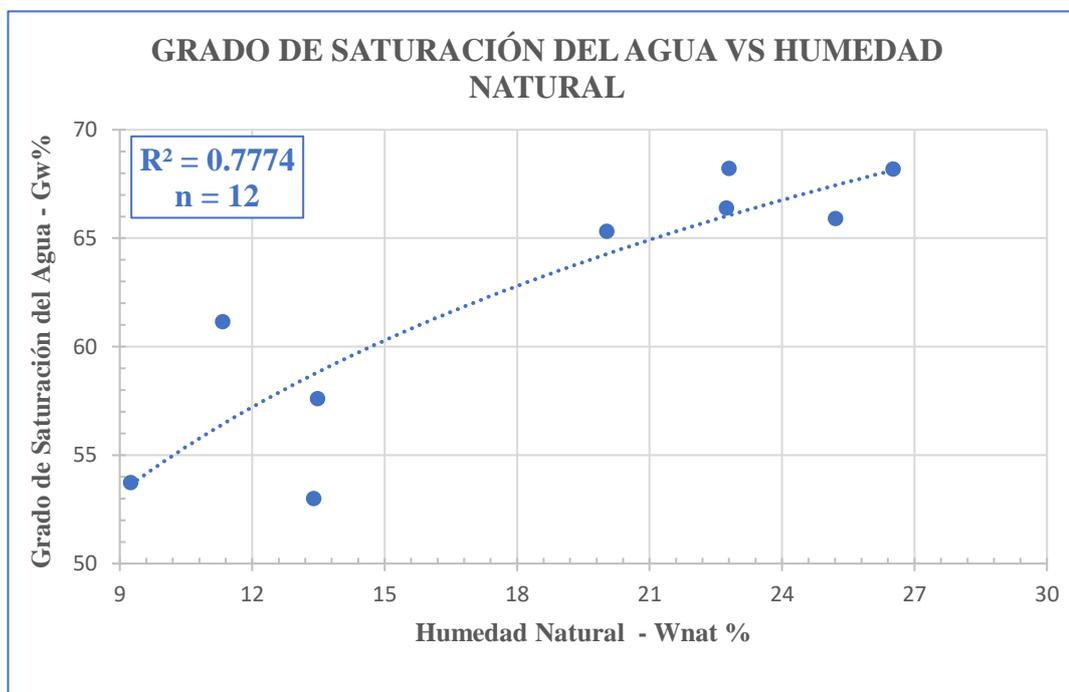
Coefficiente R^2 : 96.88 %

Discusión: Se realizó un diagrama de dispersión de las 12 muestras, entre límite líquido y límite plástico, con una línea de tendencia polinómica de grado 2, obteniendo un coeficiente excelente de $R^2 = 96.88\%$.

El gráfico indica que es una correlación directamente proporcional, pues a medida que se incrementa el límite líquido, la plasticidad del suelo aumenta.

CORRELACIÓN No. 2

Grado de Saturación del Agua vs Humedad Natural



Ecuación: $Gw = 13.771 \ln(W \text{ nat}) + 22.995$

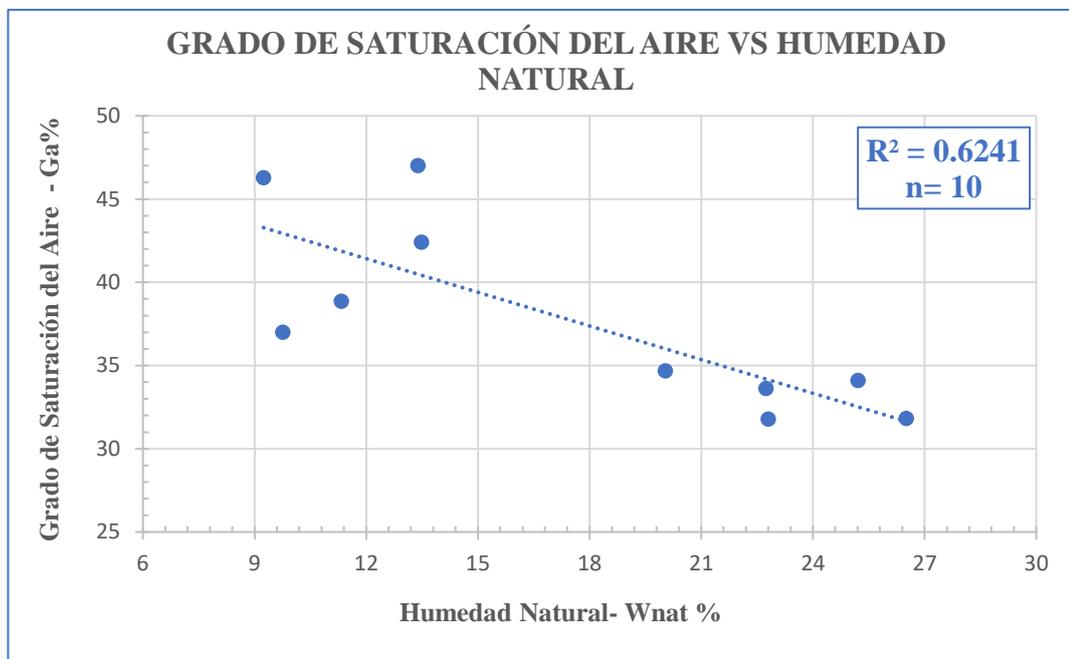
Coefficiente R^2 : 77.74 %

Discusión: Mediante una línea logarítmica en el diagrama de correlación entre el grado de saturación del agua (Gw%) y la Humedad Natural (W nat%), se obtuvo un coeficiente de determinación $R^2 = 77.74\%$, cuyo valor es bueno para la correlación realizada.

En el diagrama se puede observar que existe una correspondencia directamente proporcional, es decir que, al aumentar la humedad natural de un suelo, el grado de saturación del agua se incrementará. Dado que el grado de saturación del agua es la relación entre el volumen del agua y volumen de vacíos, pues al aumentar el agua en un suelo, se reduce el volumen de vacíos el cual es ocupado por el agua.

CORRELACIÓN No. 3

Grado de Saturación del Aire vs Humedad Natural



Ecuación: $Ga = - 0.6738 Wnat + 49.506$

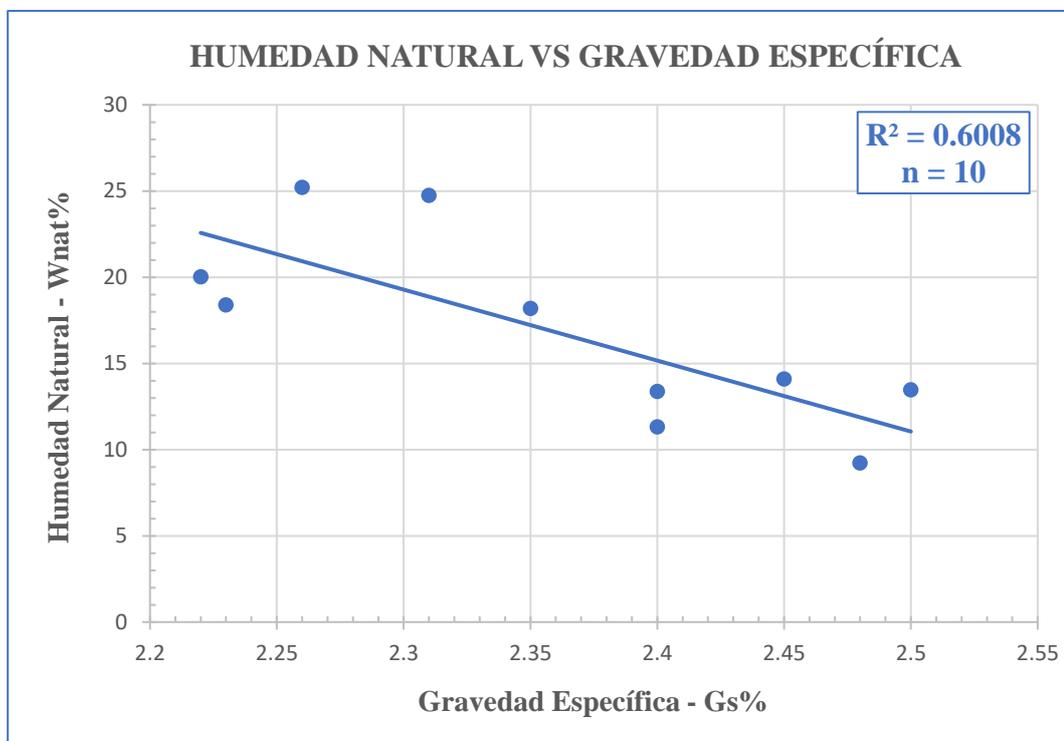
Coefficiente R²: 62.41 %

Discusión: En el presente diagrama se muestra la correlación entre el Grado de Saturación del Aire (Ga%) y la Humedad Natural (W nat %), usando un 83.33% que corresponde a 10 datos de suelo de la muestra total, presentado un coeficiente de determinación $R^2 = 62.41$ %.

La relación de dichos parámetros indica que es inversamente proporcional, mientras el suelo sea más suelto o presente mayor cantidad de vacíos, tiende a reducir la humedad natural de dicho suelo. A mayor presencia de aire menor será el porcentaje de humedad natural.

CORRELACIÓN No. 4

Humedad Natural Vs Gravedad Específica



Ecuación: $W_{nat} = -41.151 G_s + 113.93$

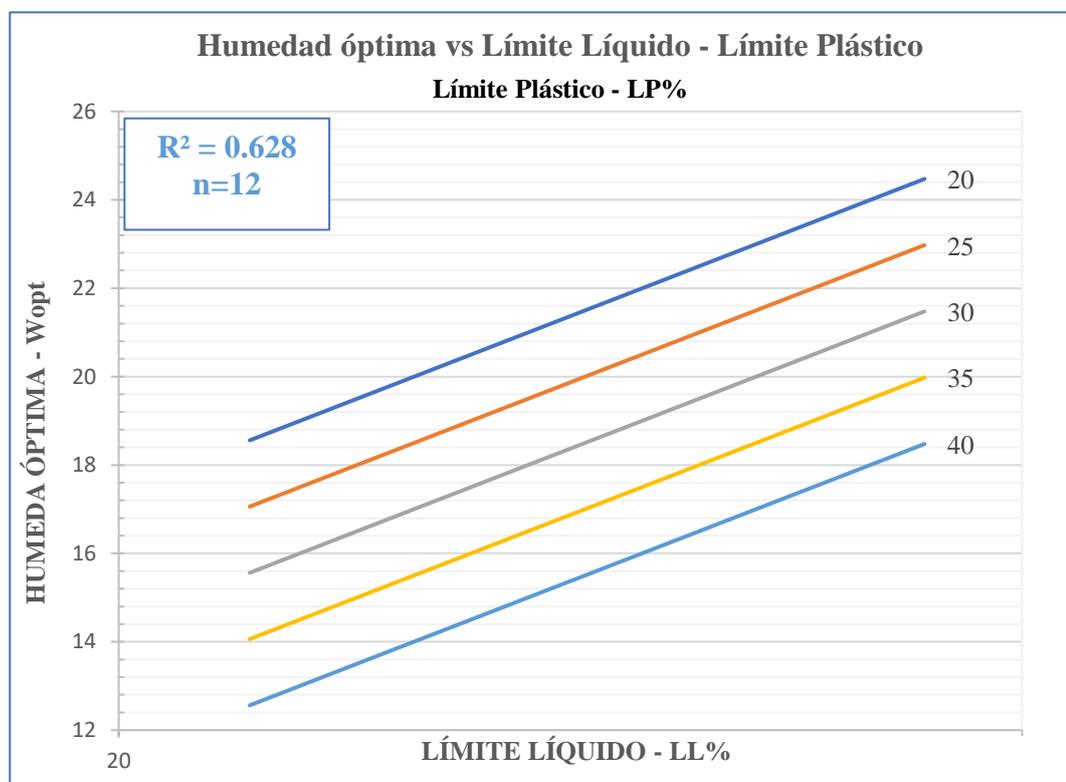
Coefficiente R²: 60.08%

Discusión: Mediante una línea de tendencia lineal sobre el diagrama de la correlación entre la humedad natural ($W_{nat}\%$) y la Gravedad Específica (G_s), se obtuvo un coeficiente de determinación $R^2 = 60.08\%$.

La correlación entre humedad natural y gravedad específica es inversamente proporcional, debido a que, si la humedad del suelo en estudio es mayor, su gravedad específica disminuye.

CORRELACIÓN No. 5

Humedad Óptima vs Límite Líquido – Límite Plástico



Ecuación: $W_{opt} = -47.10 + 54.19 \log(LL) - 0.30 LP$

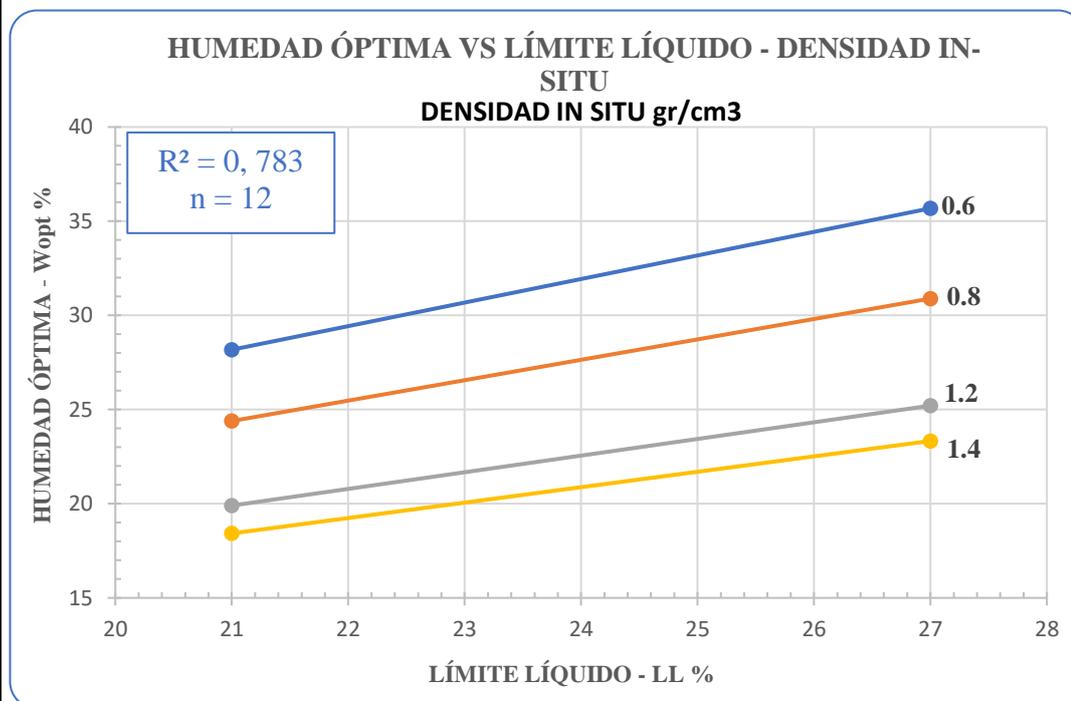
Coefficiente R²: 62.83 %

Discusión: La relación entre la Humedad Óptima ($W_{opt}\%$) vs Límite Líquido (LL%) y Límite Plástico (LP%), presenta una tendencia logarítmica múltiple con 3 variables, presentando un coeficiente de determinación $R^2 = 62.83\%$, mismo valor que es bueno para la correlación presentada.

El uso extenso de los límites de Atterberg, principalmente en clasificación de suelos finos, ayudará a correlacionar el comportamiento ingenieril del suelo, en este caso mediante la gráfica se podrá obtener un valor aproximado de Humedad Óptima, entre las relaciones de límites líquidos y plásticos.

CORRELACIÓN No. 6

Humedad Óptima vs Límite Líquido – Densidad seca In-Situ



Ecuación: $W_{\text{ópt}} = 1.2466 LL^{0.94} * \gamma_{\text{situ}}^{-0.5015}$

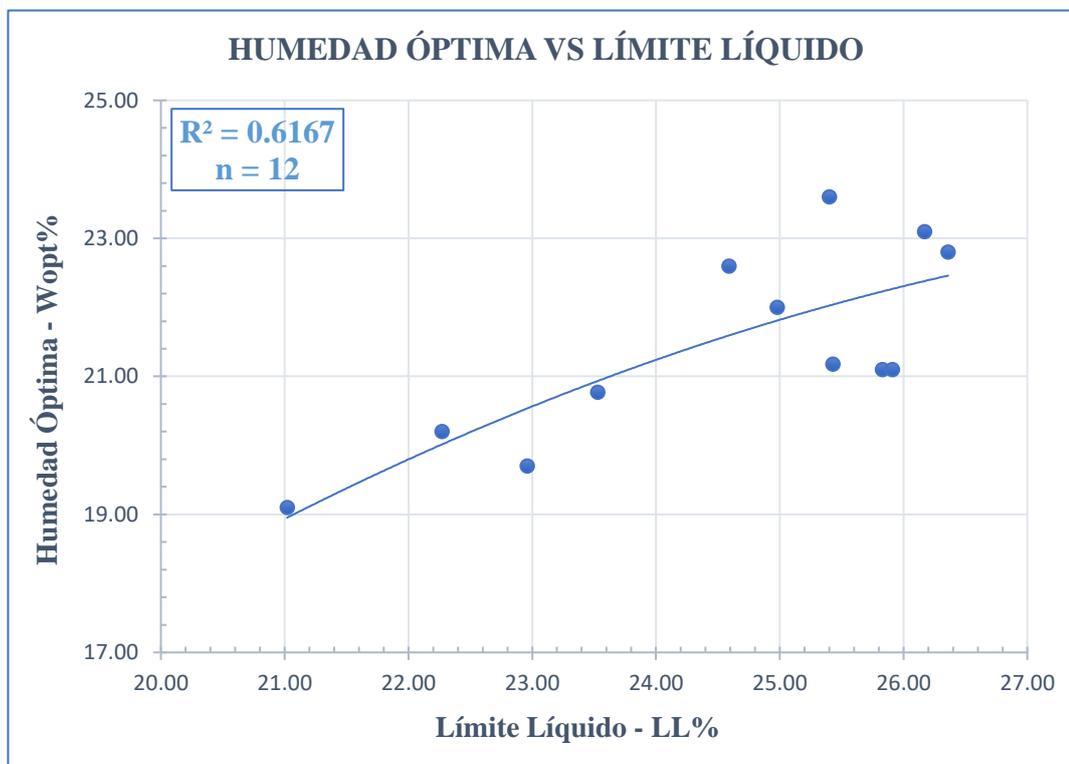
Coefficiente R²: 78.30 %

Discusión: El comportamiento del diagrama se ajusta a una correlación exponencial de tres variables entre la Humedad Óptima (W ópt%) vs Límite Líquido (LL) y Densidad Seca In-Situ ($\gamma_{\text{d situ}}$), presentando un coeficiente de determinación $R^2 = 78.30\%$, la cual se efectuó utilizando el 100% de las muestras de suelo, mismas que permiten obtener un valor aproximado de la Humedad Óptima, partiendo de los datos de Límite Líquido y Densidad Seca In-Situ.

Se observa que, al aumentar el límite líquido, la humedad óptima aumenta, mientras la densidad seca disminuye, debido a que las partículas del suelo en estudio son desplazadas por partículas de agua las cuales son menos densas, es decir a mayor cantidad de agua la densidad seca in-situ del suelo disminuye.

CORRELACIÓN No. 7

Humedad Óptima vs Límite Líquido



Ecuación: $W_{\text{opt}} = -0.0468 LL^2 + 2.8742 LL - 20.782$

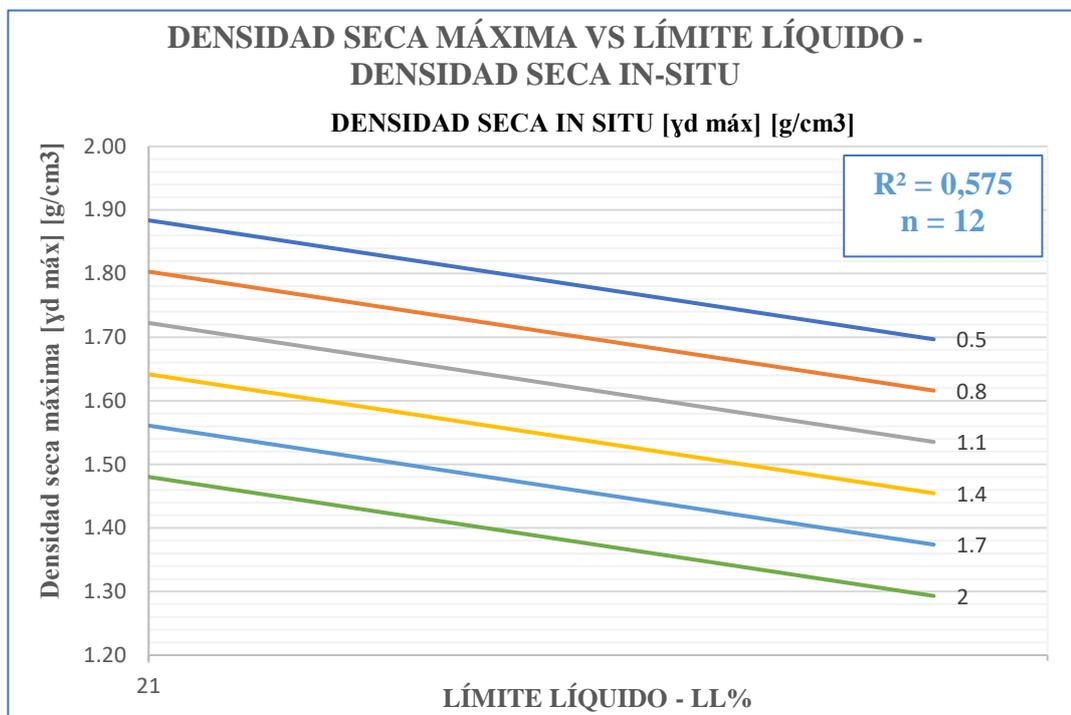
Coefficiente R^2 : 61.67 %

Discusión: Mediante una línea de tendencia polinómica de Grado 2, se presenta la correlación entre Humedad Óptima vs Límite Líquido, obteniendo un coeficiente de determinación $R^2 = 61.67$ %.

Para dicha correlación se consideró el 100% de las muestras de suelo en estudio, evidenciando que la Humedad Óptima es directamente Proporcional al Límite Líquido, es decir que, a mayor cantidad de agua en un suelo, su límite líquido aumenta.

CORRELACIÓN No. 8

Densidad Seca Máxima vs Límite Líquido – Densidad Seca In-Situ



Ecuación: $\gamma_{dm\acute{a}x} = 4.285 - 1.714 \text{ Log LL} - 0.269 \gamma_{situ}$

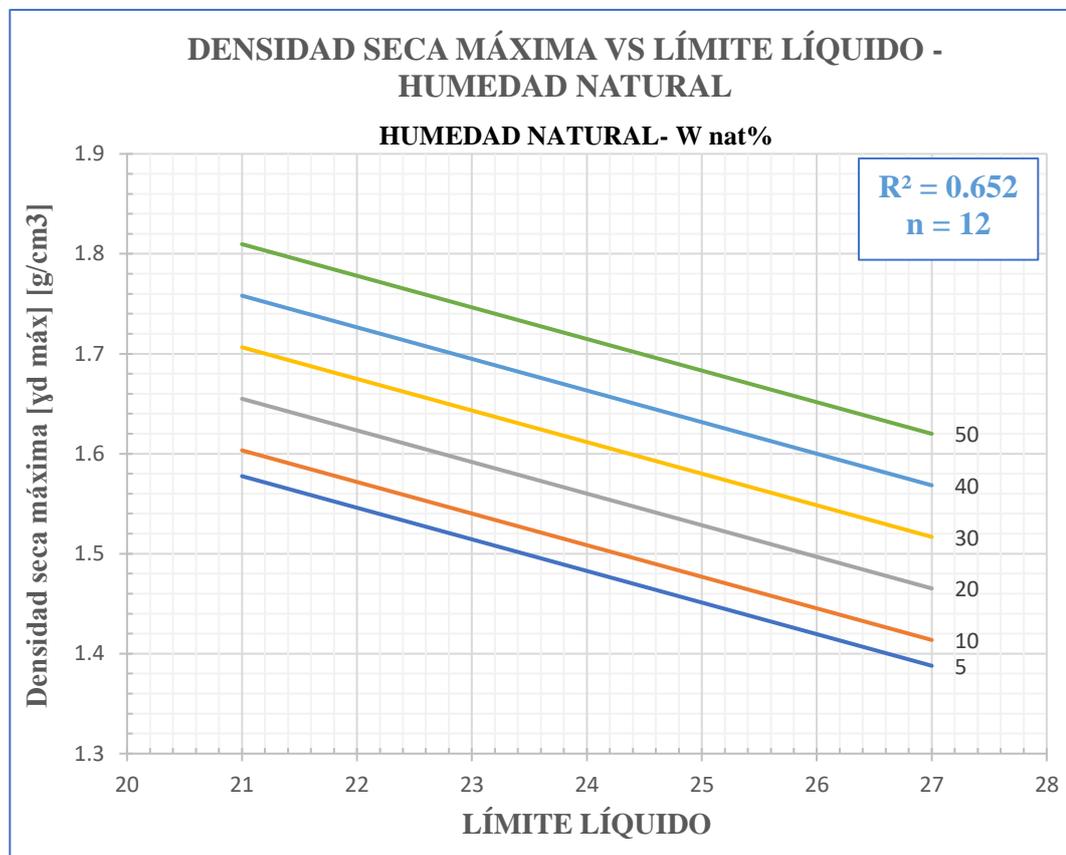
Coefficiente R²: 57.50 %

Discusión: El diagrama presenta la correlación múltiple con una tendencia logarítmica de 3 variables entre la Densidad seca máxima (γ_d máx.%) vs Límite líquido (LL%) y Densidad Seca In-Situ (γ_d situ%), presentando un valor de coeficiente de determinación $R^2 = 57.50\%$.

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, se vuelve menos denso debido a que pierde peso en relación al volumen.

CORRELACIÓN No. 9

Densidad Seca Máxima vs Límite Líquido – Humedad Natural



Ecuación: $\gamma_{d\text{máx}} = 2.216 - 0.03 \text{ Ll} + 0.01 \text{ W nat}$

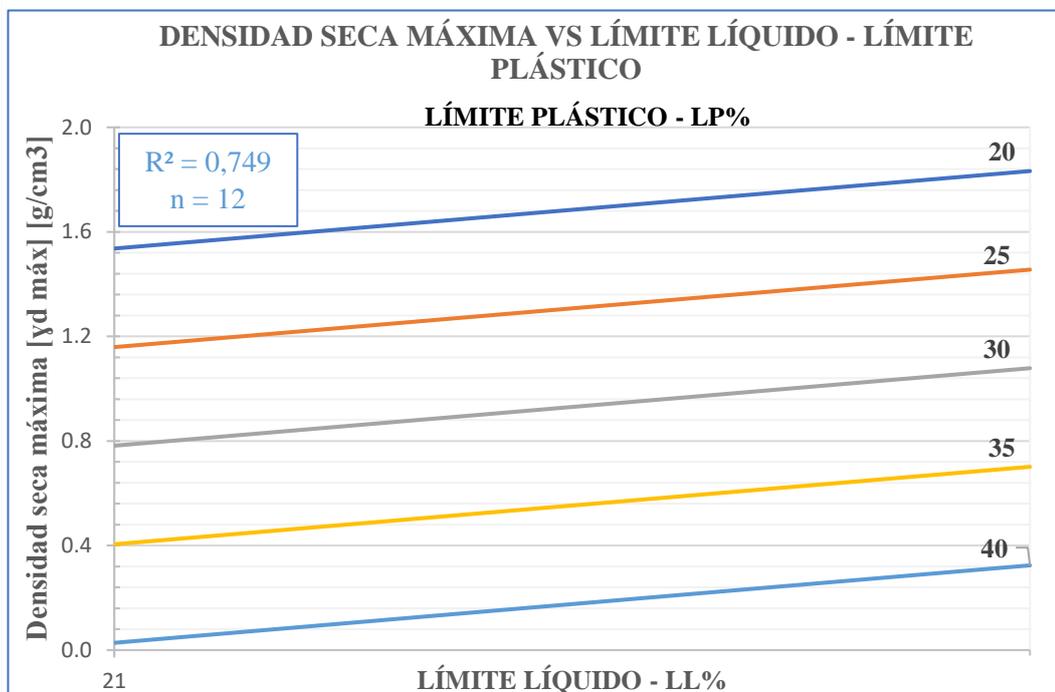
Coefficiente R²: 65.25 %

Discusión: Con una tendencia lineal de 3 variables, sobre el diagrama que presenta la correlación múltiple entre la Densidad Seca Máxima ($\gamma_{d\text{máx}}$) vs Límite Líquido (LL%) y la Humedad Natural (W nat%), se obtuvo un coeficiente de determinación $R^2 = 65.25\%$.

Mediante la gráfica se puede obtener valores aproximados de Densidad Seca Máxima, al relacionar los ensayos de Límite líquido y Densidad Seca In-Situ, de igual forma se puede observar que al aumentar la Humedad Natural del suelo, la Densidad Seca Máxima disminuye, debido a que al secarse el suelo será mayor la diferencia con la muestra inicial.

CORRELACIÓN No. 10

Densidad Seca Máxima vs Límite Líquido – Límite Plástico



Ecuación: $\gamma_{d\text{máx}} = -0.546 + 2.716 \text{ Log LL} - 0.075 \text{ LP}$

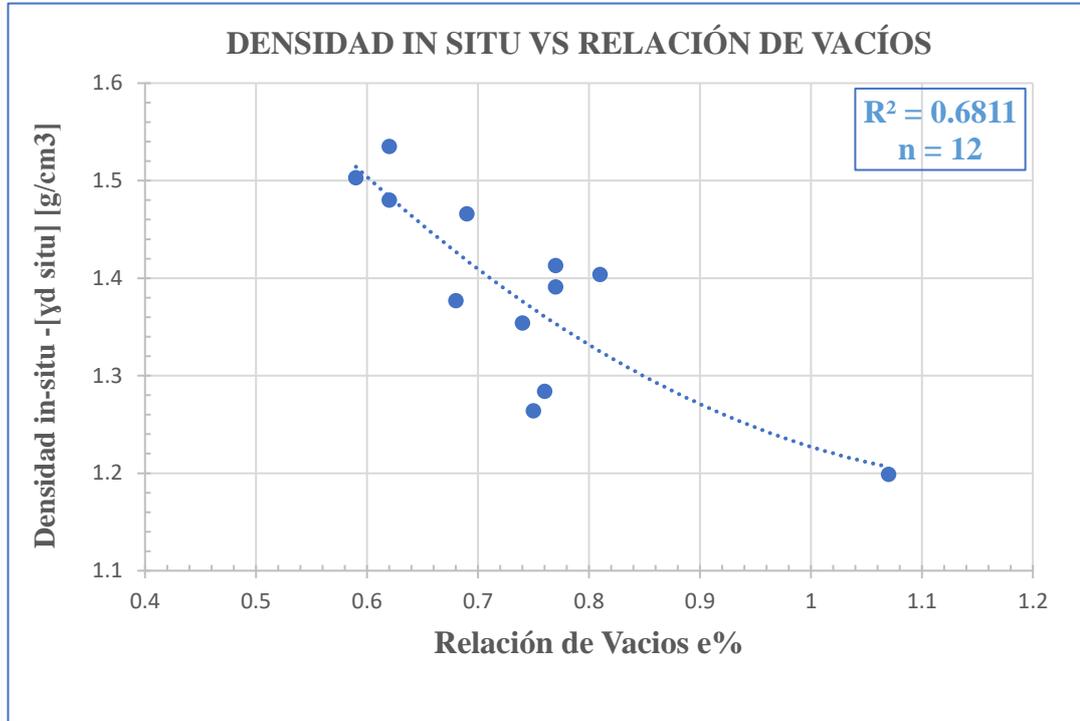
Coefficiente R²: 74.97%

Discusión: Mediante una tendencia logarítmica de 3 variables sobre el diagrama de correlación entre la Densidad Seca Máxima (γ_d máx.%) vs Límite Líquido (LL%) y Límite Plástico (LP%), se obtuvo un coeficiente de determinación $R^2 = 74.97 \%$.

Mediante la gráfica se evidencia que, con valores conocidos de Límite Líquido y Límite Plástico, es posible obtener un valor aproximado de Densidad Seca Máxima. De igual forma se determina que el valor de Límite Líquido es constante, donde el Límite Plástico aumenta y la Densidad Seca máxima se incrementa dependiendo de dichas variables.

CORRELACIÓN No. 11

Densidad Seca In-Situ vs Relación de Vacíos



Ecuación: $\gamma_{dsitu} = 0.8437 e^2 - 2.0419 e + 2.4253$

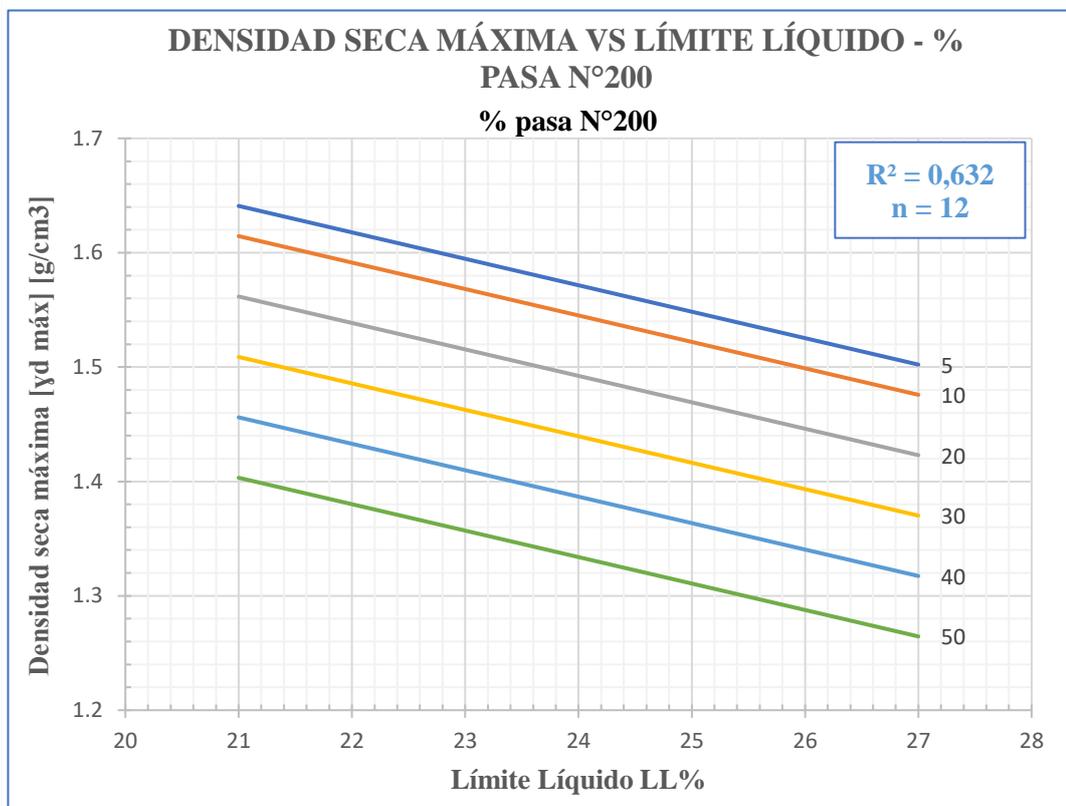
Coefficiente R²: 68.11 %

Discusión: En el diagrama se presenta la correlación entre la Densidad In-Situ y la Relación de vacíos, mediante una línea de tendencia polinómica de Grado 2, se obtuvo un coeficiente de determinación $R^2 = 68.11\%$.

La gráfica indica que a medida que aumenta la relación de vacíos (e%), la Densidad Seca In-Situ disminuye, debido a que el suelo es más suelto y menos compacto.

CORRELACIÓN No. 12

Densidad Seca Máxima vs Límite Líquido -% Pasa No. 200



Ecuación: $\gamma_{d\text{máx}} = 2.153 - 0.023 \text{ LL} - 0.0053 \text{ No. 200}$

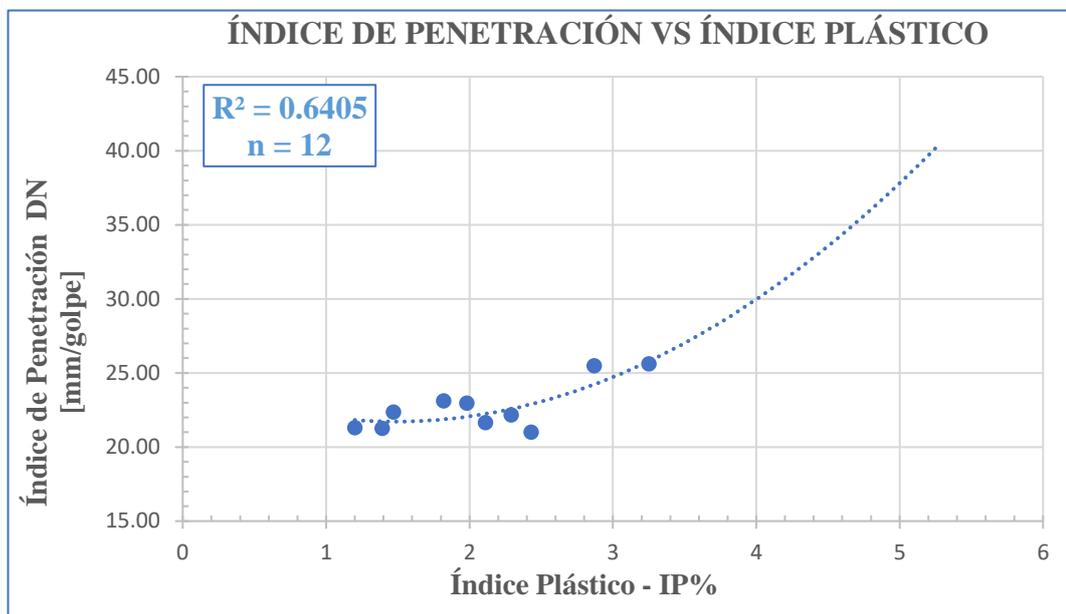
Coefficiente R²: 63.20%

Discusión: Mediante una tendencia lineal de 3 variables, en el diagrama que presenta la correlación múltiple entre la Densidad Seca Máxima vs Límite Líquido y el % Pasa No. 200, se obtuvo un coeficiente de determinación $R^2 = 63.20 \%$.

En la gráfica se observa que el Límite Líquido aumenta al tener menos partículas finas friccionantes, de igual forma que a mayor porcentaje que pasa el Tamiz No. 200, la Densidad Seca Máxima aumenta debido a que los suelos tienen mayor cantidad de partículas friccionantes.

CORRELACIÓN No. 13

Índice de Penetración vs Índice Plástico



Ecuación: $DN = 1.2982 IP^2 - 3.8402 IP + 24.56$

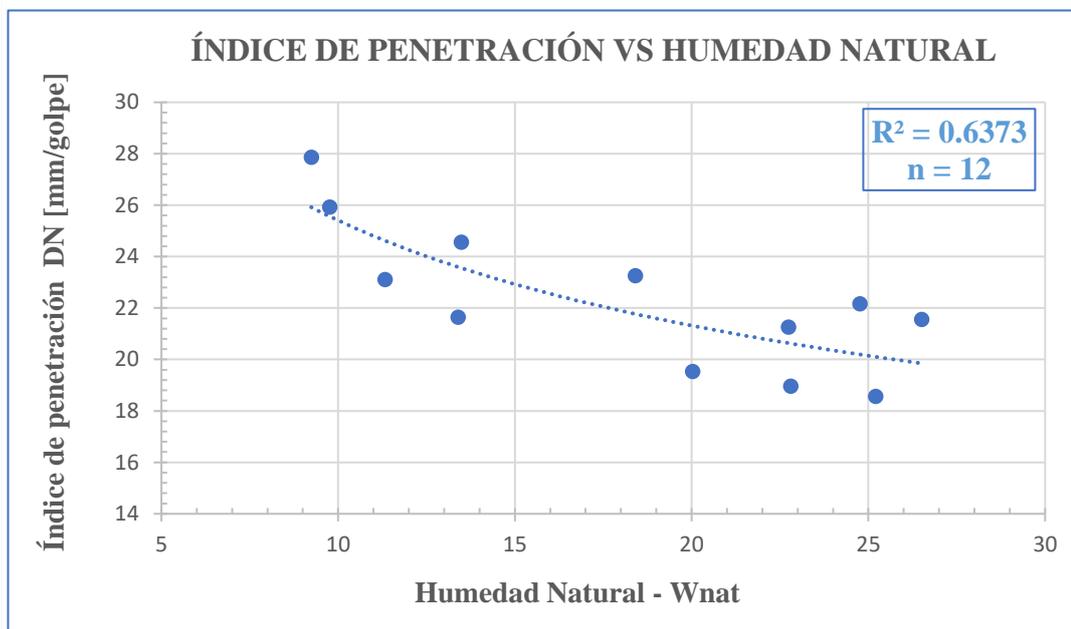
Coefficiente R²: 64.05 %

Discusión: En el diagrama se presenta la correlación entre el Índice de Penetración (DN mm/golpe) vs el Índice Plástico (IP%), mediante una línea de tendencia polinómica de grado 2, se obtuvo un coeficiente de determinación $R^2 = 64.05 \%$, valor bueno para dicha correlación.

La gráfica indica que la nube de puntos de las muestras de suelo no tiene una tendencia constante, debido a que los suelos estudiados presentan diferentes características, sin embargo, se evidencia una leve relación directamente proporcional a medida que aumenta el Índice Plástico en el rango de (1% a 2%) el Índice de penetración aumenta.

CORRELACIÓN No. 14

Índice de Penetración vs Humedad Natural



Ecuación: $DN = 45.515 W \text{ nat}^{-0.253}$

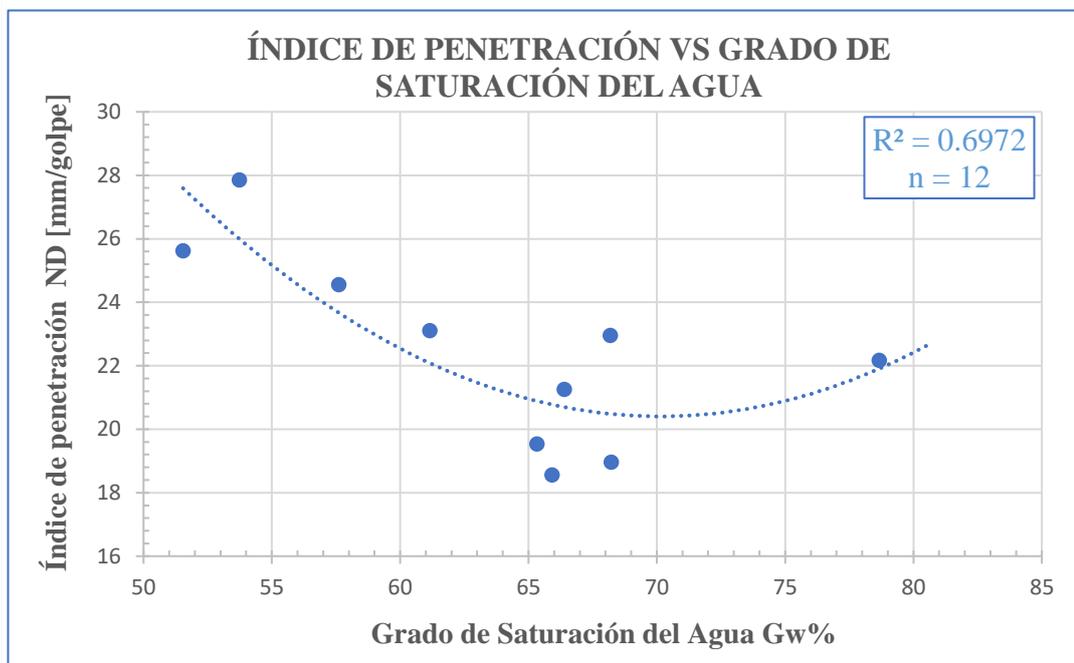
Coefficiente R^2 : 63.73%

Discusión: Mediante una línea de tendencia potencial sobre el diagrama que presenta la correlación entre el Índice de Penetración vs la Humedad Natural, se obtuvo un coeficiente de determinación $R^2 = 63.73\%$, siendo un valor bueno para dicha correlación.

En la gráfica se observa que la nube de puntos presenta una tendencia moderada, presentando una relación inversamente proporcional, es decir a medida que la Humedad Natural ($W \text{ nat}\%$) disminuye el Índice de Penetración (DN mm/golpe) aumenta, es decir a menor contenido de humedad, la resistencia del suelo a penetración por DCP se incrementa.

CORRELACIÓN No. 15

Índice de Penetración vs Grado de Saturación del Agua



Ecuación: $DN = 0.0207 Gw^2 - 2.9102 Gw + 122.49$

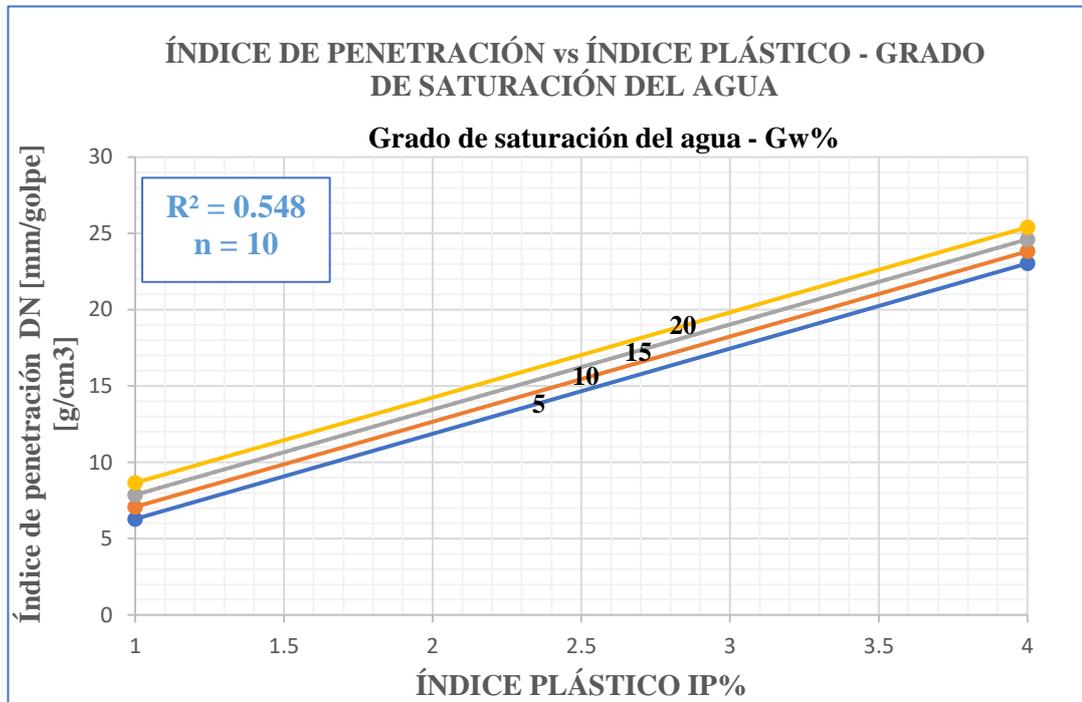
Coefficiente R^2 : 69.72%

Discusión: Con una línea de tendencia Polinómica de grado 2, en el diagrama que presenta la correlación entre el Índice de Penetración (DN mm/golpe) y el Grado de Saturación del Agua (Gw%), se obtuvo un coeficiente de determinación $R^2 = 69.72\%$.

En la gráfica se puede apreciar que existe una relación inversamente proporcional, es decir a medida que aumenta la saturación del suelo, el Índice de Penetración disminuye, al igual que se evidencia que el rango del Grado de Saturación del Agua varía entre (50% – 80%), mientras que el Índice de Penetración se encuentra entre (18 mm/golpe - 28 mm/golpe).

CORRELACIÓN No. 16

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



Ecuación: $DN = 0.706 + 5.581 IP + 0.158 G_a$

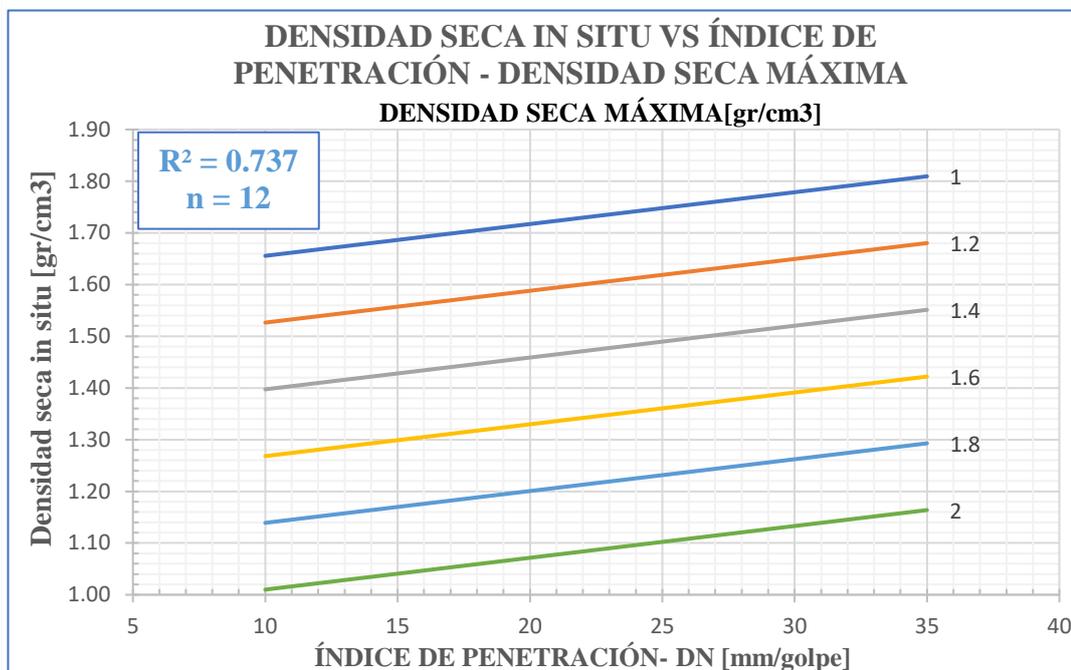
Coefficiente R^2 : 54.88%

Discusión: Con una tendencia lineal de 3 variables sobre el diagrama que presenta la correlación múltiple entre el Índice de Penetración vs Índice Plástico y Grado de Saturación del Agua, se obtuvo un coeficiente de determinación $R^2 = 54.88\%$.

A partir de la gráfica obtenida con el 83.33% de la muestra, se aprecia que a medida que incrementa el Índice Plástico y el 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 por DCP.

CORRELACIÓN No. 17

Densidad Seca Máxima vs Límite Líquido – Densidad Seca In-Situ



Ecuación: $\gamma_{dsitu} = 2.240 + 0.0062 DN - 0.646 \gamma_{dm\acute{a}x}$

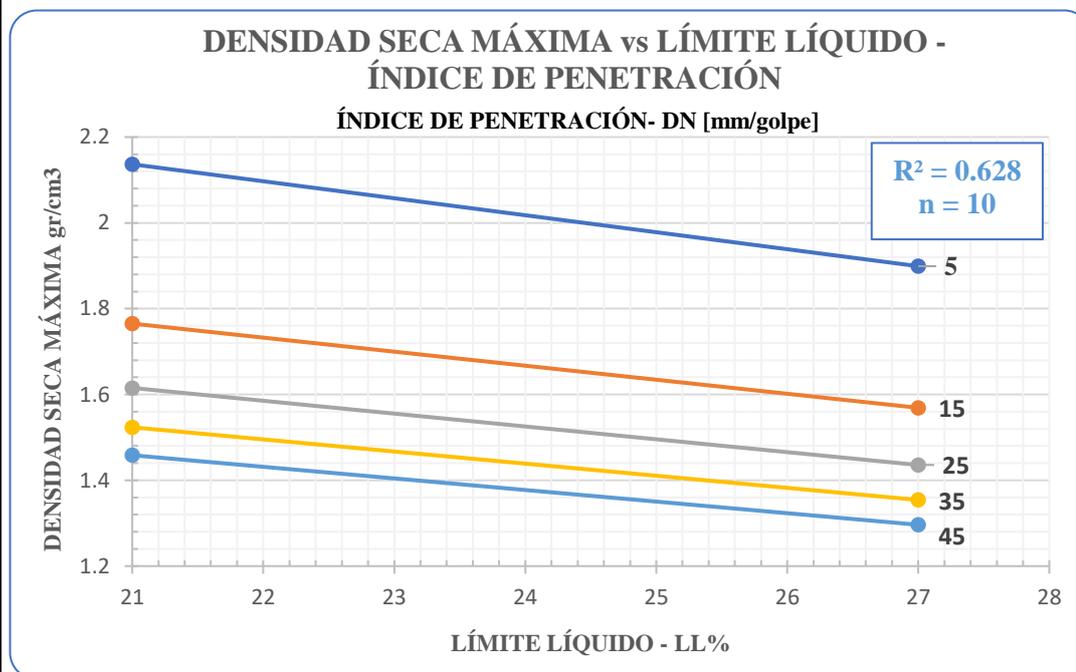
Coefficiente R²: 73.78 %

Discusión: Mediante una tendencia lineal de 3 variables, en el diagrama que presenta la correlación entre la Densidad Seca In-Situ vs el Índice de Penetración – Densidad Seca máxima, se obtuvo un coeficiente de determinación con el 100% de las muestras en estudio de $R^2 = 73.78\%$.

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 ($\gamma_{dm\acute{a}x}$ gr/cm³).

CORRELACIÓN No. 18

Densidad Seca Máxima vs Límite Líquido – Índice de Penetración



Ecuación: $\gamma_{d\text{máx}} = 11.7853 \text{ LL}^{-0.469} * \text{DN}^{-0.1738}$

Coefficiente R²: 62.87 %

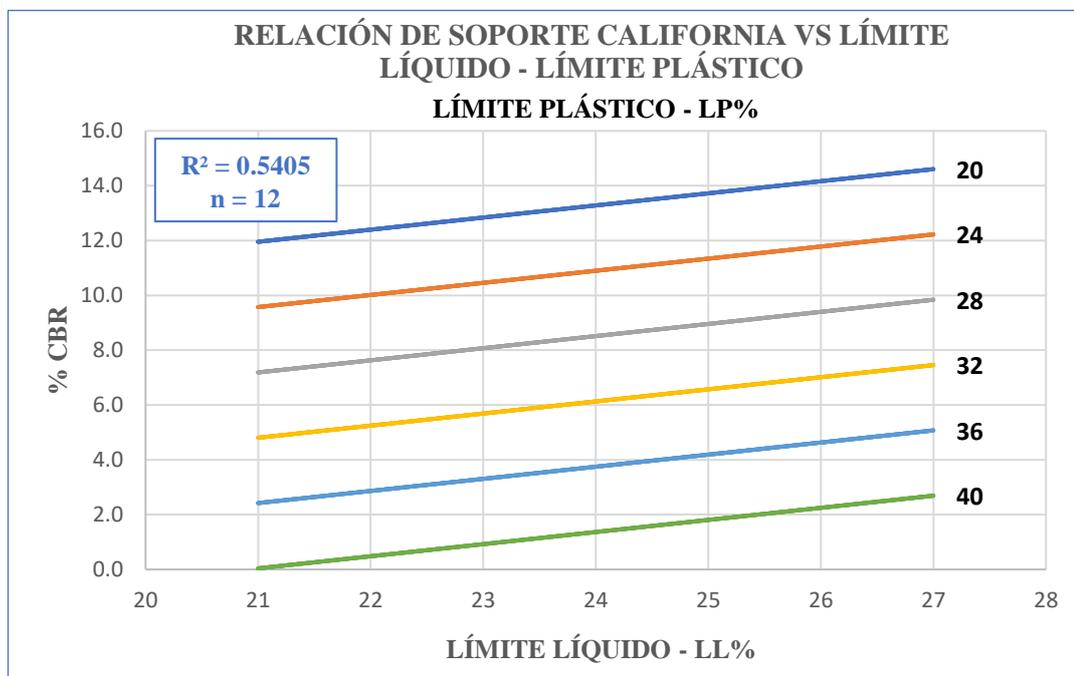
Discusión: Con una tendencia exponencial de 3 variables, en el diagrama que presenta la correlación múltiple entre la Densidad Seca Máxima vs Límite Líquido y Índice de Penetración, se obtuvo con el 100% de las muestras en estudio un coeficiente de determinación de $R^2 = 62.87\%$.

Mediante la gráfica se evidencia que conocido el valor de Límite Líquido (LL%) e Índice de Penetración (DN mm/golpe), se puede obtener un valor aproximado de Densidad Seca máxima.

Se puede apreciar que a mayor Densidad Seca Máxima ($\gamma_{d\text{máx}}$ gr/cm³), el índice de Penetración disminuye, es decir que existe menor resistencia del suelo a la penetración por el DCP.

CORRELACIÓN No. 19

Relación de Soporte California vs Límite Líquido – Límite Plástico



Ecuación: $CBR\% = - 8.251 + 24.295 \text{ Log LL} - 0.595 \text{ LP}$

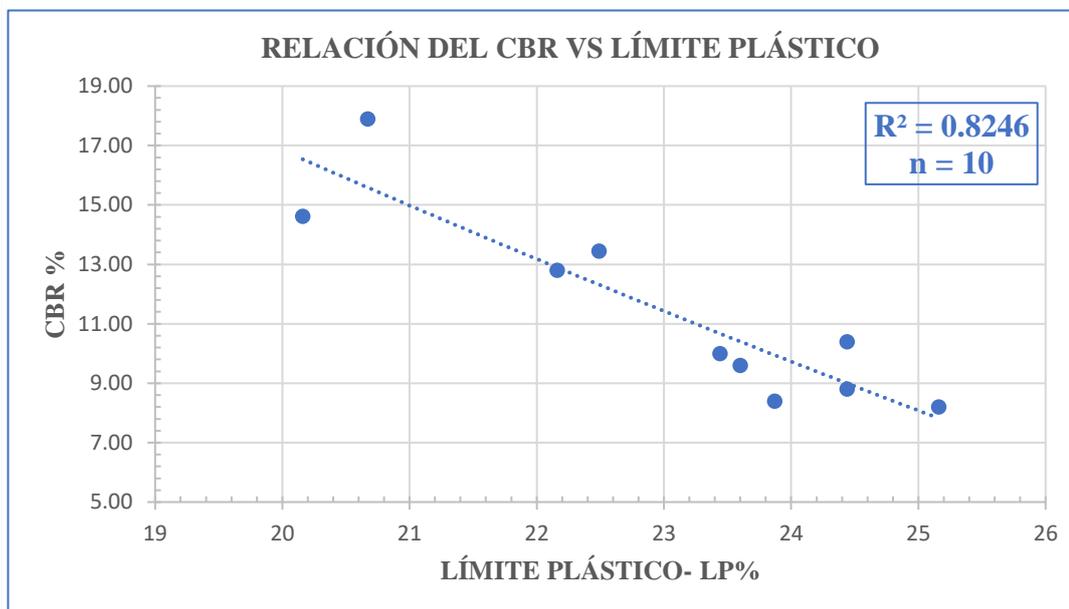
Coefficiente R²: 54.05 %

Discusión: Mediante una tendencia logarítmica de 3 variables, en el diagrama donde se presenta la correlación múltiple entre la Relación de Soporte (CBR%) vs el Límite Líquido (LL%) y Límite Plástico (LP%), se obtuvo un coeficiente de determinación de $R^2 = 54.05\%$.

En la gráfica se puede observar que al mantener el Límite Líquido constante, el Límite Plástico es inversamente proporcional al CBR%, debido a que si el suelo posee mayor cantidad de agua, la capacidad de soporte de dicho suelo disminuirá, dándonos como resultados valores bajos de CBR%.

CORRELACIÓN No. 20

Relación de Soporte California vs Límite Plástico



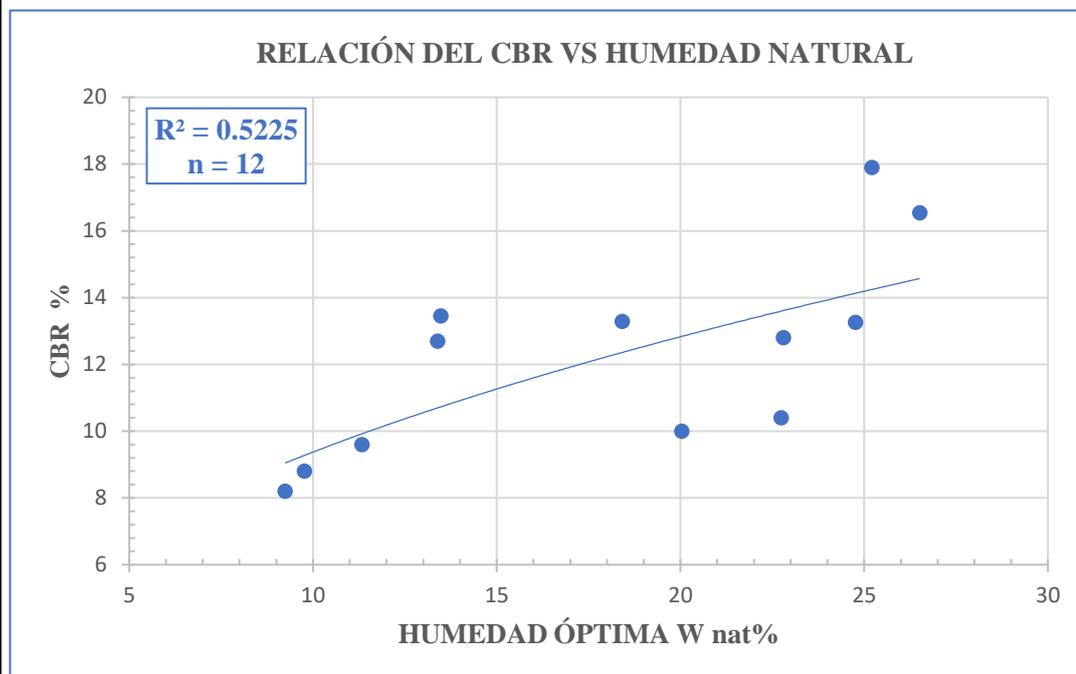
Ecuación: $CBR\% = 0.0257 LL^2 - 2.909 LL + 64.73$

Coefficiente R²: 82.46 %

Discusión: Mediante una línea de tendencia polinómica de grado 2, en el diagrama que presenta la correlación entre la Relación de Soporte California (CBR%) vs Límite Plástico (LP%), se obtuvo un coeficiente de determinación de $R^2 = 82.46\%$. En el gráfico se puede observar que existe una relación inversamente proporcional, es decir que a medida que aumenta la plasticidad del suelo, su valor de CBR% disminuye.

CORRELACIÓN No. 21

Relación de Soporte California vs Humedad Natural



Ecuación: $CBR\% = 3.3071 W_{nat}^{0.4525}$

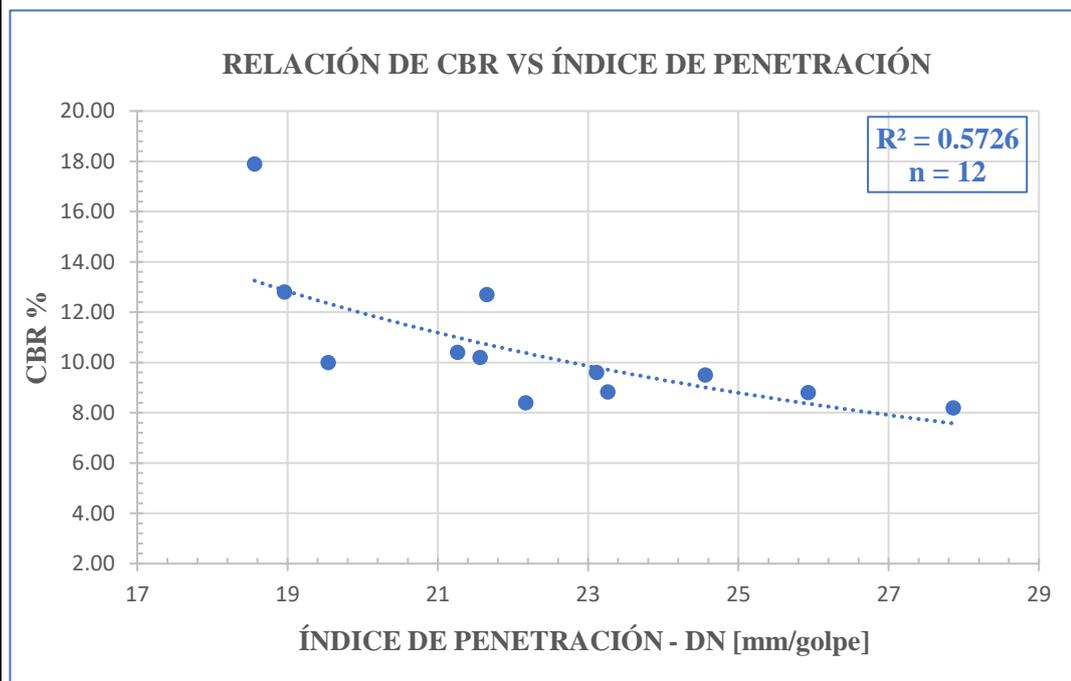
Coefficiente R²: 52.25 %

Discusión: Mediante una tendencia potencial, en el diagrama que presenta la correlación de Relación de Soporte California vs Humedad Natural, se obtuvo un coeficiente de determinación de $R^2 = 52.25\%$, valor aceptable debido a que el CBR% se realiza mediante condiciones de humedad controlada y con muestras alteradas, mientras la Humedad Natural es obtenida a través de muestras inalteradas, por tal motivo el valor del coeficiente R^2 revela un valor bajo, pero supera el 50% que es el mínimo para ser considerado aceptable.

A partir de la gráfica se puede evidenciar que existe una relación directamente proporcional, donde el rango de $W_{nat}\%$ varía entre (8%-27%), mientras que los valores de CBR% se encuentran entre (6%-20%), por medio de dicha ecuación se puede determinar valores aproximados de CBR.

CORRELACIÓN No. 22

Relación de Soporte California vs Índice de Penetración



Ecuación: $CBR\% = 740.34 DN^{-1.377}$

Coefficiente R²: 57.26 %

Discusión: Mediante una línea de tendencia potencial, en el diagrama que presenta la correlación entre la relación de Soporte California (CBR%) vs el Índice de Penetración, se obtuvo un coeficiente de determinación de $R^2 = 57.26\%$, siendo un valor aceptable para dicha correlación.

Mediante la ecuación presentada, se pueden obtener valores aproximados de CBR, al conocer los valores de Índice de Penetración (DN mm/golpe). Se observa en la gráfica que existe una relación inversamente proporcional entre las dos variables, presentando valores bajos de DCP, cuando el suelo presenta mayor resistencia a la penetración, es decir los valores de CBR% son altos.

Comparación diagrama CBR% - Índice de Penetración, ecuación por la norma ASTM y la ecuación obtenida en la CORRELACIÓN No. 22

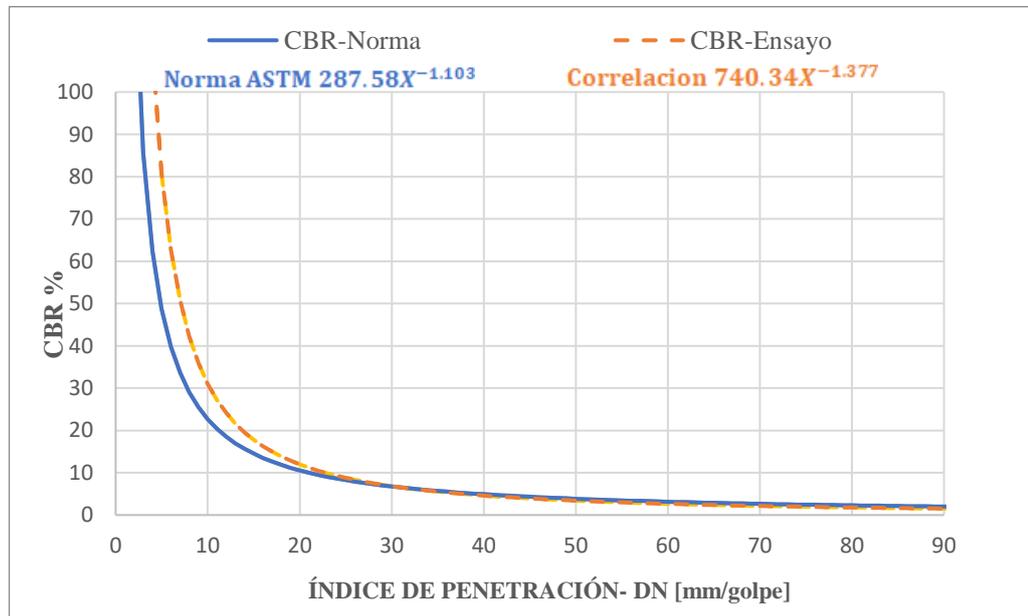


Figura 26: CBR % - DN mm/golpe

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Realizados los ensayos de CBR % y DN (mm/golpe) de las 12 muestras en estudio, se determinó la ecuación $CBR\% = 740.34 DN^{-1.377}$, se obtuvo un coeficiente de determinación de $R^2 = 57.26\%$, el cual es un valor bueno para dicha correlación.

Al comparar la ecuación establecida por la Norma ASTM que se expresa de la siguiente manera $CBR\% = 287.58 DN^{-1.103}$, con la ecuación obtenida en la correlación No. 22 resulta ser idéntico el comportamiento obtenido en dicha investigación.

3.2. Diseño de Pavimentos Flexibles MÉTODO AASHTO – 93

Para conseguir una comparación entre el CBR% de laboratorio, y el CBR% obtenido mediante la Correlación No. 22, se desarrolla el diseño de pavimento flexible con los dos siguientes valores:

CBR% (Laboratorio) → 12.80%

CBR% (Correlación No. 22) → 12.88%

Diseño de Pavimento con el CBR% de Laboratorio

Tabla 27: Datos para el Diseño de Pavimentos

CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES	
Módulo de Elasticidad de la mezcla asfáltica (ksi)	375.00
Módulo de Resiliencia de la base granular (ksi)	28.00
Módulo de Resiliencia de la Subbase (ksi)	16.10
DATOS DE TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE	
Número de ejes equivalentes total (W18)	808,021
Factor de Confiabilidad (R)	80%
Desviación Estándar Normal (Zr)	-0.841
Desviación Estándar Global (So)	0.45
Módulo de Resiliencia de la subrasante (Mr,ksi)	15.73
Serviciabilidad Inicial (pi)	4.2
Serviciabilidad Final (pt)	2.0
Periodo de Diseño (años)	20
COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Concreto Asfáltico (a1)	0.410
Base granular (a2)	0.132
Subbase (a3)	0.120
COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base Granular (m2)	1.15
Subbase (m3)	1.15

Fuente: Lenin Andres Pilla Ortega

Para determinar el Módulo de Resiliencia para la subrasante la guía AASHTO propone el uso de la conocida correlación con el CBR de 7.2% a 20%:

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

El módulo de elasticidad propuesto para la mezcla asfáltica es de 375 ksi.

Los módulos de resiliencia de la base y subbase son determinados a través de los ábacos que presenta la Norma AASHTO – 93.

Tabla 28: Valores de los Modulos de Elasticidad y Resiliencia de los materiales.

Observación	Mr (ksi)	Fuente
Módulo de Elasticidad del Asfalto.	375.00	Norma
Módulo de Elasticidad de la Base Granular.	28.00	Ábaco
Módulo de Elasticidad de la subbase.	16.10	Ábaco
Módulo de Resiliencia de la subrasante.	15.73	Fórmula

Fuente: Lenin Andres Pilla Ortega

TRANSITO EQUIVALENTE DE EJES ACUMULADOS PARA UN PERIODO DE 20 AÑOS

Para el cálculo de ejes equivalentes (W18), se debe obtener el factor de daño, por medio de la solución que presenta la Guía de la Norma AASHTO- 93, el cual dependerá del tipo de vehículo.

Tabla 29: Factor de Daño según el tipo de vehículo

Tipo	Simple		Simple Doble		Tandem		Tridem		Factor de daño
	Ton	(P/6,6) ⁴	Ton	(P/8,2) ⁴	Ton	(P/15) ⁴	Ton	(P/23) ⁴	
Liviano	3	0.04							0.04
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: Lenin Andres Pilla Ortega

Hora Pico del Conteo Vehicular

Tabla 30: Hora Pico de Conteo Vehicular

Hora			Livianos			Buses			Camiones	Total
			Automoviles	Camionetas	Motos	Livianos	Medianos	Pesados		
7	0	15	4	4	0	1	0	1	2	12
7	15	30	3	4	1	0	0	0	1	9
7	30	45	4	5	0	1	2	1	0	13
7	45	0	3	5	1	0	0	0	0	9

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 31: Resumen de Hora Pico

Hora Pico	Livianos	Buses	Camiones	TOTAL
7:00 - 7:45	34	6	3	43

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

- **Factor de la Hora Pico**

$$FHP = \frac{\text{Total de Vehículos}}{4 * \text{Mayor volumen registrado durante la hora pico}} \quad (1)$$

$$FHP = \frac{43}{4 * 13}$$

$$FHP = 0.83$$

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

- **Tráfico Actual**

Tráfico de Vehículos Livianos

$$TPDA = \frac{\text{Total de Vehículos} * FHP}{15\%} \quad (2)$$

$$TPDA = \frac{34 * 1}{15\%}$$

$$TPDA = 227 \text{ Vehículos/día}$$

Tráfico de Vehículos Buses

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

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

$$TPDA = 40 \text{ Vehículos /día}$$

Tráfico de Vehículos Camiones

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

$$TPDA = \frac{3 * 1}{15\%}$$

$$TPDA = 20 \text{ Vehículos/día}$$

Tráfico Actual

$$TPDA = \text{Livianos} + \text{Buses} + \text{Camiones}$$

$$TPDA = 227 + 40 + 20$$

$$TPDA = 287 \text{ Vehículos/día}$$

- **Trafico Vehicular Actual en 1 Año**

$$TA = TPDA * (1 + i)^1 \quad (3)$$

Tabla 32: Coeficientes de Crecimiento Vehicular

MOP 2003	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: AASHTO – 93 – Guide Design of Pavement Structures [19]

Tráfico de Vehículos Livianos

$$TA = TPDA * (1 + i)^1$$

$$TA = 227 * (1 + 0.0357)^1$$

$$TA = 235 \text{ Vehículos/día}$$

Tráfico de Vehículos Buses

$$TA = 40 * (1 + 0.0178)^1$$

$$TA = 41 \text{ Vehículos/día}$$

Tráfico de Vehículos Camiones

$$TA = 20 * (1 + 0.0174)^1$$

$$TA = 20 \text{ Vehículos/día}$$

Tráfico Actual en 1 Año

$$TA = \text{Livianos} + \text{Buses} + \text{Camiones}$$

$$TA = (235 + 41 + 20) \text{ Vehículos/día}$$

$$TA = 296 \text{ Vehículos/día}$$

- **Tráfico Generado**

Tráfico Generado Livianos

$$Tg = 20 \% * TA \tag{4}$$

$$Tg = 20 \% * 235$$

$$Tg = 45 \text{ Vehículos/día}$$

Tráfico Generado Buses

$$Tg = 20 \% * TA$$

$$Tg = 20 \% * 41$$

$$Tg = 8 \text{ Vehículos/día}$$

Tráfico Generado Camiones

$$Tg = 20 \% * TA$$

$$Tg = 20 \% * 20$$

$$Tg = 4 \text{ Vehículos/día}$$

Tráfico Total Generado

$$Tg = \text{Livianos} + \text{Buses} + \text{Camiones}$$

$$Tg = (45 + 8 + 4) \text{ Vehículos/día}$$

$$Tg = 57 \text{ Vehículos/día}$$

- **Tráfico Atraído**

Tráfico Atraído Livianos

$$Tat = 10 \% * TA \quad (5)$$

$$Tat = 10 \% * 235$$

$$Tat = 23 \text{ Vehículos/día}$$

Tráfico Atraído Buses

$$Tat = 10 \% * TA$$

$$at = 10 \% * 41$$

$$Tat = 4 \text{ Vehículos/día}$$

Tráfico Atraído Camiones

$$Tat = 10 \% * TA$$

$$Tat = 10 \% * 20$$

$$Tat = 2 \text{ Vehículos/día}$$

Tráfico Atraído Total

$$Tat = Tat \text{ Livianos} + Tat \text{ Buses} + Tat \text{ Camiones}$$

$$Tat = (23 + 4 + 2) \text{ Vehículos/día}$$

$$Tat = 29 \text{ Vehículos/día}$$

- **Tráfico Desarrollado**

Tráfico Desarrollado Livianos

$$Td = 5 \% * TA \quad (6)$$

$$Td = 5 \% * 235$$

$$Td = 11 \text{ Vehículos/día}$$

Tráfico Desarrollado Buses

$$Td = 5 \% * TA$$

$$Td = 5 \% * 41$$

$$Td = 2 \text{ Vehículos/día}$$

Tráfico Desarrollado Camiones

$$Td = 5 \% * TA$$

$$Td = 5 \% * 20$$

$$Td = 1 \text{ Vehículos/día}$$

Tráfico Desarrollado Total

$$Td = Tat \text{ Livianos} + Tat \text{ Buses} + Tat \text{ Camiones}$$

$$Td = (11 + 2 + 1) \text{ Vehículos/día}$$

$$Td = 14 \text{ Vehículos/día}$$

Tabla 33: Tráfico Actual Total de la vía en estudio

Tipo de Vehículo	TPDA Actual	TPDA 1 Año	Tg	Tat	Td	Ta TOTAL
Livianos	227	235	45	23	11	314
Buses	40	41	8	4	2	55
Camiones	20	20	4	2	1	27

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 34: Diseño de Ejes Equivalentes

Año	% Crecimiento			Transito promedio diario anual				W 18 diseño por año	W 18 diseño acumulado
	Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	Total		
2021	0.0357	0.0178	0.0174	325	55	27	407	3.83E+04	3.83E+04
2022	0.0357	0.0178	0.0174	336	55	27	418	3.85E+04	7.68E+04
2023	0.0357	0.0178	0.0174	336	55	27	418	3.85E+04	1.15E+05
2024	0.0357	0.0178	0.0174	336	55	27	418	3.85E+04	1.54E+05
2025	0.0325	0.0162	0.0158	335	55	27	417	3.85E+04	1.92E+05
2026	0.0325	0.0162	0.0158	335	55	27	417	3.85E+04	2.31E+05
2027	0.0325	0.0162	0.0158	335	55	27	417	3.85E+04	2.69E+05
2028	0.0325	0.0162	0.0158	335	55	27	417	3.85E+04	3.08E+05
2029	0.0325	0.0162	0.0158	335	55	27	417	3.85E+04	3.46E+05
2030	0.0325	0.0162	0.0158	335	55	27	417	3.85E+04	3.85E+05
2031	0.0325	0.0162	0.0158	335	55	27	417	3.85E+04	4.23E+05
2032	0.0325	0.0162	0.0158	335	55	27	417	3.85E+04	4.62E+05

2033	0.0325	0.0162	0.0158	335	55	27	417	3.85E+04	5.00E+05
2034	0.0325	0.0162	0.0158	335	55	27	417	3.85E+04	5.39E+05
2035	0.0325	0.0162	0.0158	335	55	27	417	3.85E+04	5.77E+05
2036	0.0325	0.0162	0.0158	335	55	27	417	3.85E+04	6.16E+05
2037	0.0325	0.0162	0.0158	335	55	27	417	3.85E+04	6.54E+05
2038	0.0325	0.0162	0.0158	335	55	27	417	3.85E+04	6.93E+05
2039	0.0325	0.0162	0.0158	335	55	27	417	3.85E+04	7.31E+05
2040	0.0325	0.0162	0.0158	335	55	27	417	3.85E+04	7.70E+05
2041	0.0325	0.0162	0.0158	335	55	27	417	3.85E+04	8.08E+05

Fuente: Lenin Andres Pilla Ortega

- **Confiabilidad (R)**

La vía en estudio, es una carretera secundaria y rural que une las parroquias Los Andes y El Sucre, con un nivel de confiabilidad que se encuentra entre 75-95, por ende se toma el nivel de 80 %.

Tabla 35: 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: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO – 93. [19]

- **Desviación Estándar Normal (Zr)**

Una vez determinado el Nivel de Confiabilidad de 80 %, se obtiene el valor de Desviación Estándar de $Z_r = -0.841$ para el diseño de pavimento.

Tabla 36: 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: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO – 93. [19]

- **Desviación Estándar Global (So)**

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

- **Índice De Serviciabilidad (PSI)**

$$\Delta PSI = PSI \text{ Inicial} - PSI \text{ Final} \quad (7)$$

PSI Inicial para Pavimentos Flexibles → 4.2.

PSI Final para Caminos Secundarios → 2.0.

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

- **Módulo de Resiliencia de la Subrasante**

Para determinar el módulo de resiliencia de la subrasante, se utiliza el CBR% de laboratorio, de el pozo No. 9 siendo CBR% = 12.80 %.

$$Mr \text{ (psi)} = 3000 \times CBR^{0.65} \quad (8)$$

$$Mr \text{ (psi)} = 3000 \times 12.80^{0.65}$$

$$Mr \text{ (psi)} = 15733$$

$$Mr = 15.73 \text{ ksi.}$$

Coefficientes Estructurales a1, a2, a3

El MTOP en sus especificaciones establece que el CBR mínimo para bases es 80 %, y para subbases es 30 %.

Según la guía de diseño AASHTO – 93 el Módulo Elástico sugerido para diseño es de 375 000 PSI → 375 ksi.

- **Coefficiente Estructural a1**

Establecido el Module elástico de la carpeta asfáltica de 375 000 PSI, se determina el Coeficiente Estructural a1 de 0.41.

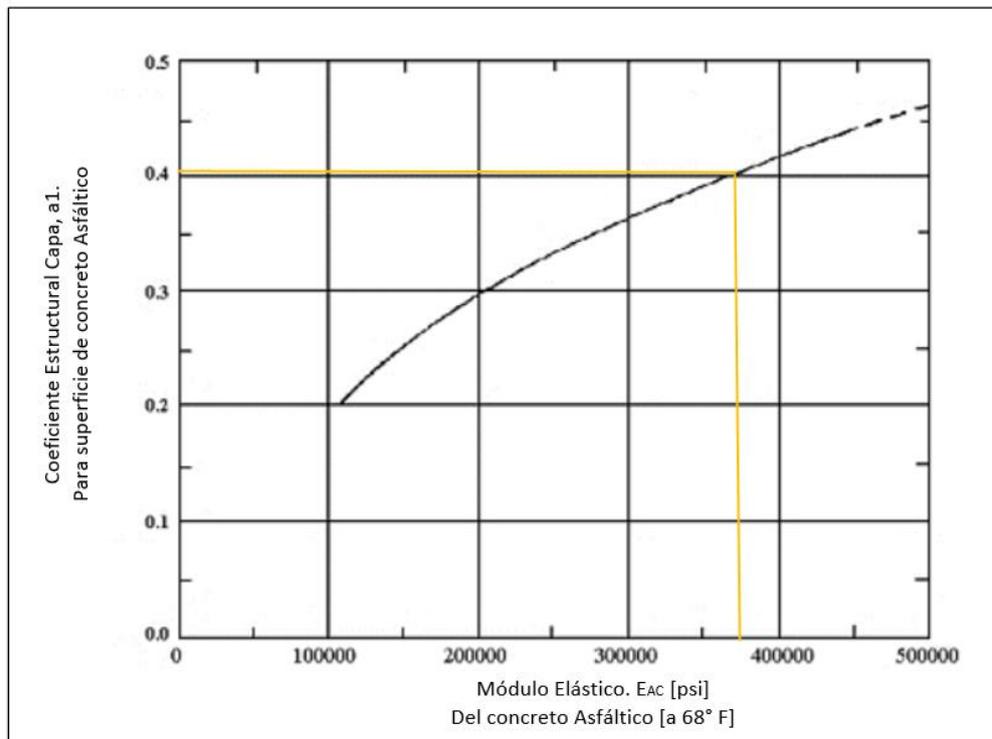


Figura 27: Carta para estimar el coeficiente estructural de la Carpeta Asfáltica a partir del Módulo Elástico.

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO - 93. [19]

- **Coefficiente Estructural a2**

Siendo el CBR mínimo para bases 80 %, se obtiene el coeficiente estructural $a_2 = 0.132$ y un Módulo de Resiliencia para la capa base de 28 ksi.

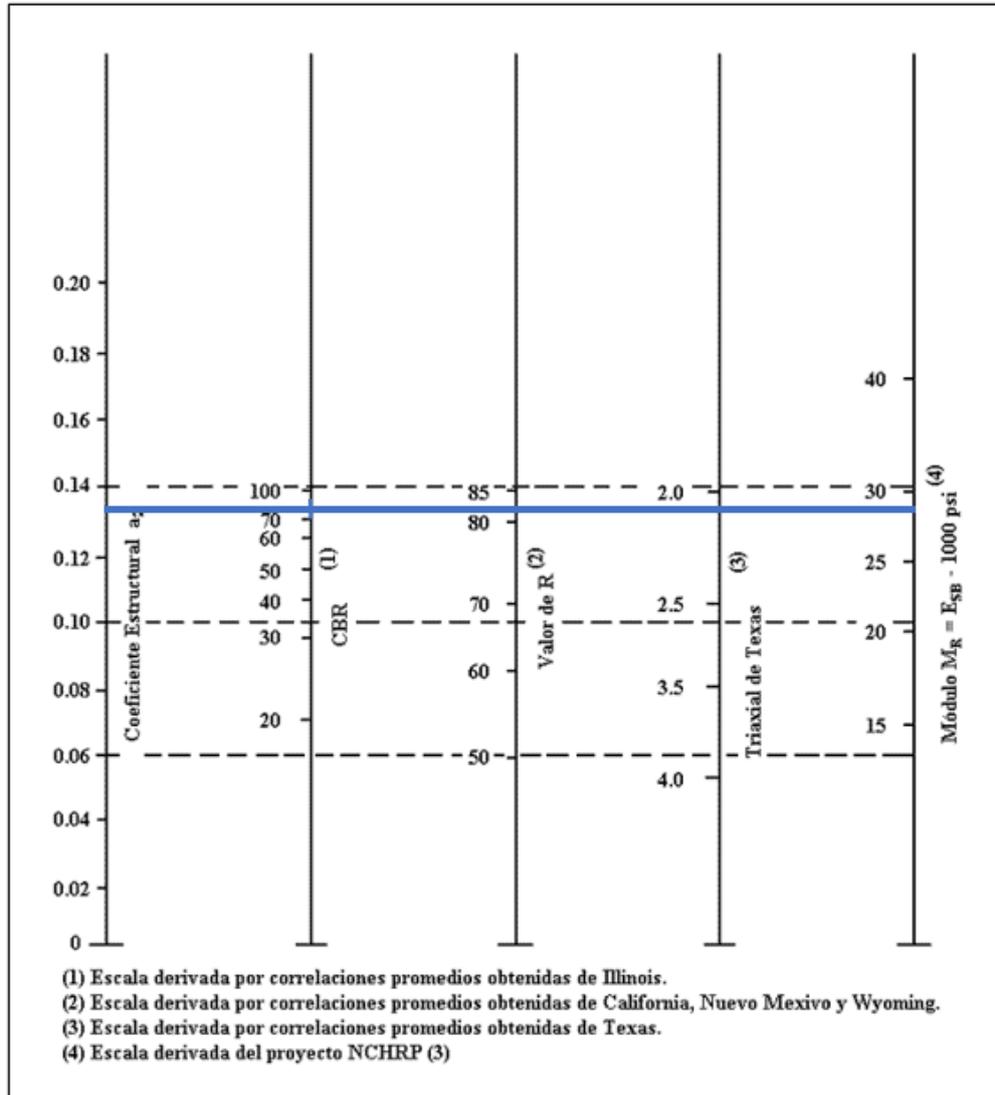


Figura 28: Ábaco para estimar el valor del Coeficiente Estructural a_2 .

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO - 93.

- **Coefficiente Estructural a3**

Tomando el valor de CBR mínimo de 40 % para subbase, se obtiene un coeficiente estructural $a_3 = 0.12$ y un Módulo de Resiliencia para subbase de 16.1 ksi.

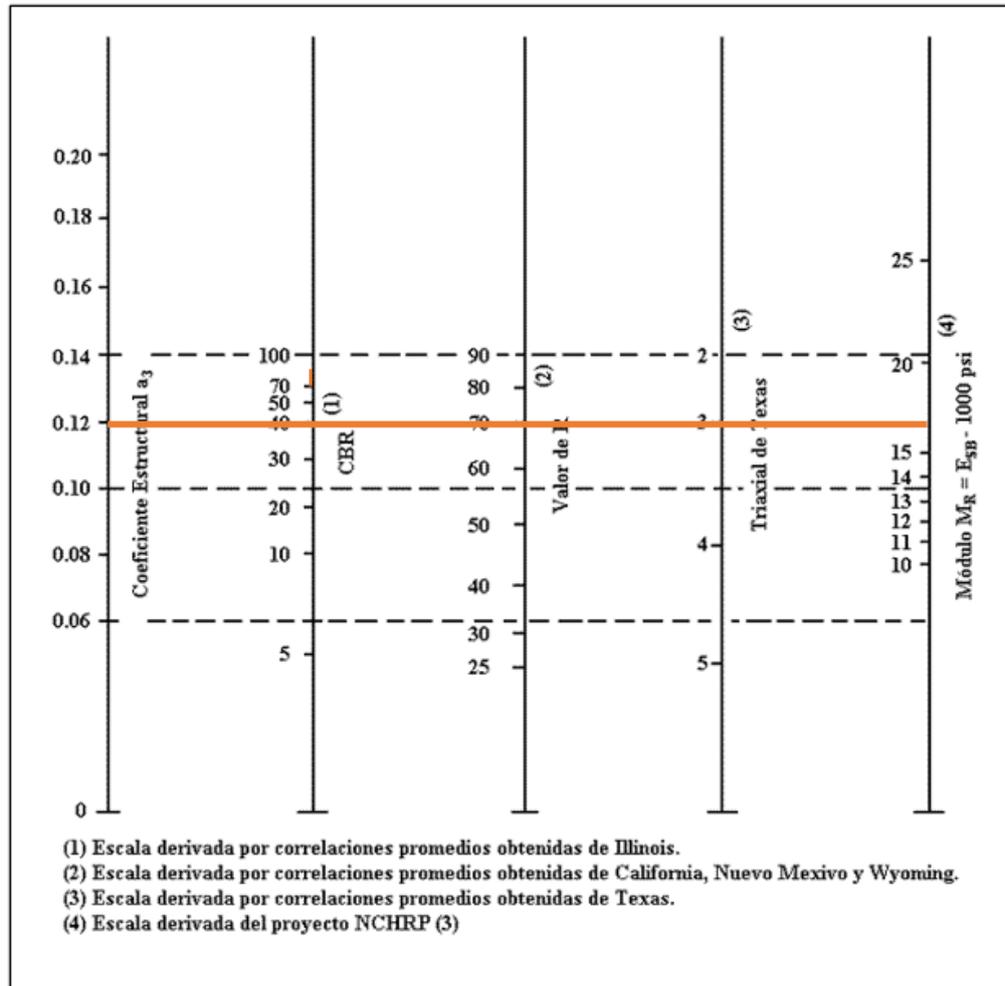


Figura 29: Ábaco para estimar el Coeficiente Estructural a_3 .

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO - 93.

- **Coefficientes de Drenaje m2, m3**

El tiempo que tarda el agua a ser eliminada de las capas granulares (capa base y subbase) se estima en 1 día, permitiendo obtener una calidad de drenaje Buena.

Tabla 37: 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 [19]

Tabla 38: Valores de m2 y m3 según la Capacidad de Drenaje

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

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO - 93[19]

Se obtiene coeficientes de drenaje m2 y m3 de 1.15.

Para determinar el número estructural, se hace uso del programa “AASHTO 93”, para lo cual se necesitará los siguientes datos de entrada:

Tabla 39: Datos para el cálculo de SN en el programa AASHTO - 93

DATOS	
Número de ejes equivalentes (W18)	808021
Factor de Confiabilidad (R)	80
Desviación Estándar Normal (Zr)	-0.841
Desviación Estándar Global (So)	0.45
Módulo de Resiliencia de la Subrasante (Mr)	15733
Serviciabilidad Inicial	4.2
Serviciabilidad Final	2.0

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Figura 30: Ecuación AASHTO - 93

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO – 93. [19]

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

Tabla 40: Diseño de Pavimento Flexible con el CBR % de Laboratorio.

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)			808,021
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			80%
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-0.841
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			15.73
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)			0.410
Base granular (a ₂)			0.132
Subbase (a ₃)			0.120
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m ₂)			1.150
Subbase (m ₃)			1.150
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	2.30		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})	1.85		
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	0.43		
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})	0.02		
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	11.5 cm	5.5 cm	0.89
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	7.2 cm	10.0 cm	0.60
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	0.4 cm	15.0 cm	0.81
ESPESOR TOTAL (cm)		30.5 cm	2.30

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO - 93.[19]

La propuesta de los espesores para cada capa del pavimento flexible, con un CBR % = 12.80 son:

Tabla 41: Propuesta de espesores de la estructura del pavimento.

PROPUESTA		
Estructura Pavimento	Espesor (cm)	SN
Carpeta Asfáltica	5.50	0.89
Base Granular	10.00	0.60
Subbase granular	15.00	0.81
Espesor Total	30.50	2.30

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Cabe recalcar que los espesores propuestos anteriormente para cada capa de pavimento flexible, son los mínimos con la finalidad de demostrar que se cumple un correcto prediseño, ya que para una mejor trabajabilidad en campo y diseño correcto dichos espesores se deberán ir variando en múltiplos de 5.

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

$$0.89 + 0.60 + 0.61 \geq 2.30$$

$$2.30 \geq 2.30 \rightarrow \text{Cumple}$$

Siendo igual la suma de los diferentes coeficientes estructurales de la estructura del pavimento con relación al coeficiente estructural de la subrasante, señala que existe un buen diseño preliminar.

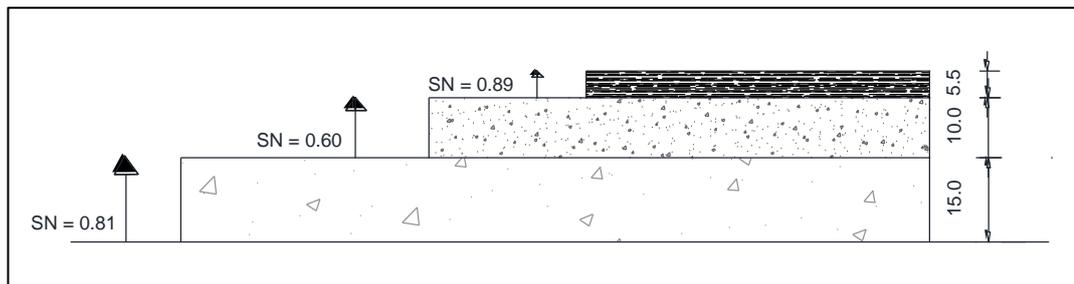
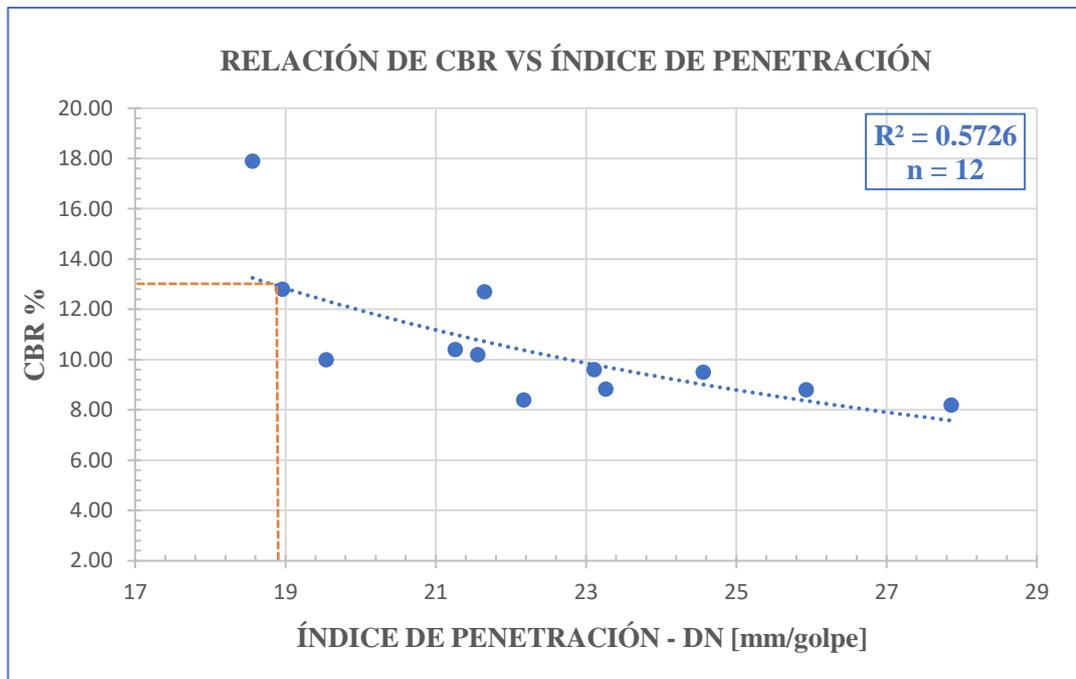


Figura 31: Espesor de las capas del Pavimento Flexible

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

- Diseño de Pavimento Flexible con el CBR % de la Correlación No. 22.

Para determinar el CBR %, de la correlación No. 22, se tomó el índice de penetración de la muestra No. 7, que se traza en la gráfica obteniendo un valor de CBR = 12.87 %.



El módulo de resiliencia de la subrasante, cambiará debido a que se está trabajando con un nuevo CBR%.

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

$$Mr \text{ (psi)} = 3000 \times 12.87^{0.65}$$

$$Mr \text{ (psi)} = 15788$$

$$Mr = 15.79 \text{ ksi.}$$

Se determinará el nuevo número estructural (SN), con los siguientes datos:

Tabla 42: Datos para el cálculo del SN, CBR% Correlación No. 22

DATOS	
Número de ejes equivalentes (W18)	808021
Factor de Confiabilidad (R)	80
Desviación Estándar Normal (Zr)	-0.841

Desviación Estándar Global (So)	0.45
Módulo de Resiliencia de la Subrasante (Mr)	15788
Serviciabilidad Inicial	4.2
Serviciabilidad Final	2.0

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

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

- Tipo de Pavimento:** Pavimento flexible, Pavimento rígido
- Confiability (R) and Standard Deviation (So):** 80 % Z_r=-0.841, So = 0.45
- Serviciabilidad inicial y final:** PSI inicial = 4.2, PSI final = 2.0
- Módulo resiliente de la subrasante:** Mr = 15788 psi
- Información adicional para pavimentos rígidos:**
 - Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi): []
 - Módulo de rotura del concreto - S_c (psi): []
 - Coefficiente de transmisión de carga - (J): []
 - Coefficiente de drenaje - (C_d): []
- Tipo de Análisis:** Calcular SN, Calcular W₁₈
- W₁₈ =** 808021
- Número Estructural:** SN = 2.30
- Buttons:** Calcular, Salir

Figura 32: Cálculo de SN, Programa AASHTO – 93

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO - 93.[19]

- **Diseño de Pavimento Flexible con el CBR % de la Correlación No. 22**

Tabla 43: Diseño de Pavimento Flexible con CBR % de la Correlación No. 22

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)			808,021
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			80%
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-0.841
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			15.73
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pf)			2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)			0.410
Base granular (a ₂)			0.132
Subbase (a ₃)			0.120
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m ₂)			1.150
Subbase (m ₃)			1.150
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	2.30		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})	1.85		
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	0.43		
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})	0.02		
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPEJOR	SN*
ESPEJOR CARPETA ASFALTICA (cm)	11.5 cm	5.0 cm	0.81
ESPEJOR BASE GRANULAR (cm)	7.2 cm	10.0 cm	0.60
ESPEJOR SUB BASE GRANULAR (cm)	0.4 cm	16.5 cm	0.90
ESPEJOR TOTAL (cm)		31.5 cm	2.30

Fuente: Manual de Diseño de Pavimento AASHTO - 93. [19]

Los espesores propuestos para cada capa de la estructura del pavimento flexible son:

Tabla 44: Propuesta de Espesores para cada capa de la estructura del pavimento

PROPUESTA		
Estructura Pavimento	Espesor (cm)	SN
Carpeta Asfáltica	5.00	0.81
Base Granular	10.00	0.60
Subbase granular	16.50	0.90
Espesor Total	31.5	2.30

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Cabe recalcar que los espesores propuestos anteriormente para cada capa de pavimento flexible, son los mínimos con la finalidad de demostrar que se cumple un correcto prediseño, ya que para una mejor trabajabilidad en campo y diseño correcto dichos espesores se deberán ir variando en múltiplos de 5.

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

$$0.81 + 0.60 + 0.90 \geq 2.30$$

$$2.30 \geq 2.30 \rightarrow \text{Cumple}$$

Siendo igual la suma de los diferentes coeficientes estructurales de cada una de las capas de la estructura del pavimento con relación al coeficiente estructural de la subrasante, señala que existe un buen diseño preliminar.

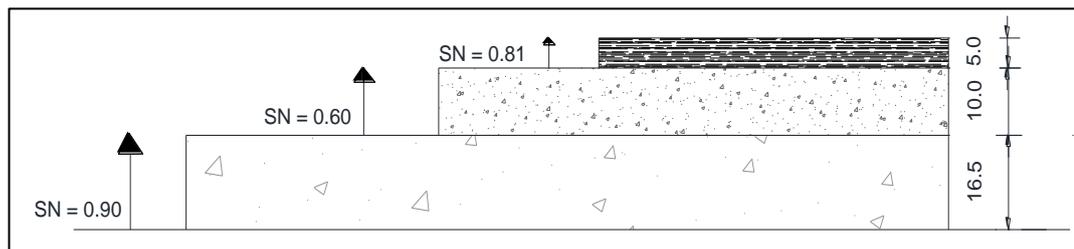


Figura 33: Espesor de las capas de la estructura del Pavimento Flexible

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

3.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

- **Hipótesis Alternativa**

Basados en la Tabla 25, la Correlación No. 1 que relaciona el Límite Líquido (LL%) y el Límite Plástico (LP%), presenta un coeficiente de determinación del 96.88 %, siendo considerado un valor excelente en la justificación de dicho proyecto.

Basado en la Tabla 25, la Correlación No. 21 que relaciona la Humedad Natural (W nat%) y la Relación de Soporte California (CBR%), presenta un coeficiente de determinación del 52.25 %, encontrándose en el límite del valor permitido que es el 50 %, para ser considerado un valor aceptable.

Basados en la Tabla 25, la Correlación No. 22, que relaciona el Índice de Penetración (DN mm/golpe) y la Relación de Soporte California (CBR%), presenta un coeficiente de determinación de 57.26 %, siendo considerado un valor bueno y evidenciado que, si existe correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares, de las parroquias Los Andes y El Sucre del cantón Patate, provincia de Tungurahua.

- **Hipótesis Nula**

La correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares es falsa en las parroquias Los Andes y El Sucre del cantón Patate, provincia de Tungurahua.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se determinó las propiedades Índice y Mecánicas del suelo existente en las parroquias Los Andes y El Sucre del Cantón Patate descritos en la Tabla No. 25, obteniendo una clasificación del suelo SP, SM, SC. SW según la S.U.C.S y A-2-4 según la norma AASHTO.
- Se determinó 22 Correlaciones de dos y tres variables entre las propiedades índice y mecánicas del suelo en estudio con coeficientes de determinación (R) desde 52.25 % hasta 96.88 %, siendo valores buenos, además se determinó que existe correlación entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas que presentan los suelos de la parroquia Los Andes y El Sucre del Cantón Patate, provincia de Tungurahua, ajustándose a una tendencia lineal, exponencial, logarítmica o potencial, con la que los datos de las propiedades se vean mejor relacionados.
- Se determinó que los espesores para cada capa del prediseño de la estructura del pavimento flexible con un CBR de laboratorio de 12.80 % son de 5.5 cm de carpeta asfáltica, 10.0 cm de base y 15.0 cm de subbase, mientras que para un CBR calculado mediante la Correlación No. 22, son 5.0 cm de carpeta asfáltica, 10.0 cm de base y 16.5 cm de subbase.
- La investigación realizada en las parroquias Los Andes y El sucre del Cantón Patate 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 de ensayo 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.
- 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 por 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 .

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. B. Shirur and S. G. Hiremath, "Establishing Relationship between Cbr Value and Physical Properties of Soil," *IOSR J. Mech. Civ. Eng.*, vol. 11, no. 5, pp. 26–30, 2014, doi: 10.9790/1684-11512630.
- [2] D. Al-Hamdani, "Correlation of Cbr Value With Particles Size and Compaction Characteristics of Cohesionless Soil," *Kufa J. Eng.*, vol. 9, no. 1, pp. 158–174, 2018, doi: 10.30572/2018/kje/090111.
- [3] V. Y. Katte, S. M. Mfoyet, B. Manefouet, A. S. L. Wouatong, and L. A. Bezeng, "Correlation of California Bearing Ratio (CBR) Value with Soil Properties of Road Subgrade Soil," *Geotech. Geol. Eng.*, vol. 37, no. 1, pp. 217–234, 2019, doi: 10.1007/s10706-018-0604-x.
- [4] C. D. E. Compactación, D. E. L. Suelo, and S. I. N. Cohesión, "بیرتلك," 2018.
- [5] Z. S. Janjua and J. Chand, "Correlation of CBR with index properties of soil," *Int. J. Civ. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 5, pp. 57–62, 2016.
- [6] Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, "Norma Ecuatoriana Vial - NEVI 12," *Norma Ecuatoriana Vial - NEVI 12*, vol. 1, no. 00598, p. 83, 2013, [Online]. Available: http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_1.pdf.
- [7] L. F. Guevara Urquiza, R. D. Paredes Cortez, J. A. Valdivieso Toral, and J. A. Erquicia Martín, *Geotécnia y cimentaciones*. 2014.
- [8] W. Araujo, "Ecuaciones de Correlación del CBR con Propiedades Índice de Suelos para la Ciudad de Piura," p. 69, 2014.
- [9] E. Juárez Badillo and A. Rico Rodríguez, "Mecánica de suelos, Tomo I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos," *Mecánica de Suelos*. p. 644, 2005.
- [10] Braja M. Das, *Ingeniería Geotécnica*. 2001.
- [11] C. Villalaz, *[11]mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf*, 5a ed. Mexico, 2004.

- [12] J. Bowless, *MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS EN INGENIERÍA CIVIL*, 1 ed. Bogota, 1981.
- [13] W. R. Serquén, “Propiedades de los suelos Contenido Propiedades de los suelos,” vol. 1, pp. 1–300, 2010, [Online]. Available: https://www.academia.edu/38423242/PROPIEDADES_ÍNDICE_DE_LOS_SUELOS_pdf?auto=download.
- [14] D. Escobar, “Mecanica de Suelos I,” vol. 1, pp. 4–8, 1953.
- [15] F. Viscarra Agreda, “El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos,” *iCIVIL*, p. 18, 2006, [Online]. Available: https://www.academia.edu/28667223/EL_CONO_DINÁMICO_DE_PENETRACIÓN_Y_SU_APLICACIÓN_EN_LA_EVALUACIÓN_DE_SUELOS.
- [16] A. Montejo, *Ingenieria de Pavimentos*, 2ed ed. Bogota, 2002.
- [17] O. Bustamante, *Estructuración de Vías Terrestres*, Patria. México: 2009, 2009.
- [18] Universidad Mayor de San Simón, “Pavimentos,” p. 576, 2004.
- [19] AASHTO, “Diseño de Pavimentos(AASHTO 93),” *AASHTO Des. Proced. New Pavements*, p. 246, 2006, [Online]. Available: https://www.academia.edu/34103801/DISEÑO_DE_PAVIMENTO_METODO_AASHTO_93_ESPANOL_1_.
- [20] M. Laica, “DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL LA INDEPENDENCIA – ANILLO VIAL HACIA LA COMUNIDAD JAIME ROLDÓS AGUILERA II BLOQUE, UBICADO EN EL CANTÓN ARAJUNO, PROVINCIA DE PASTAZA,” Universidad Técnica de Ambato, 2016.
- [21] M. Triola, *Estadística*, vol. 163, no. 50. 2015.
- [22] M. Spiegel and L. Stephens, *Estadística*, 4a ed. 2009.
- [23] A. C. Laguna, “Correlación y regresión lineal,” vol. 1, pp. 1–18, 2009.

ANEXOS

ANEXO

A

FOTOGRAFÍAS

Fotografía No. 1	Fotografía No. 2
	
Limpieza y excavación de pozos a cielo abierto.	Secado al aire libre de la muestra de suelo extraído.
Fotografía No. 3	Fotografía No. 4
	
Ensayo de Densidad de Campo en los pozos excavados.	Ensayo de granulometría de suelo fino a través de los tamíces #4 al # 200.

<p style="text-align: center;">Fotografía No. 5</p> 	<p style="text-align: center;">Fotografía No. 6</p> 
<p style="text-align: center;">Ensayo de Gravedad Específica con 50 gr de suelo que pasa el tamiz #4.</p>	<p style="text-align: center;">Ensayo de Límite Líquido con 150 gr, de suelo que pasa el tamiz #40.</p>
<p style="text-align: center;">Fotografía No. 7</p>	<p style="text-align: center;">Fotografía No. 8</p>
	
<p style="text-align: center;">Ensayo de Límite Plástico con 15 gr de suelo que pasa el tamiz #40.</p>	<p style="text-align: center;">Ensayo de Próctor Modificado tipo B con 24 Kg de suelo que pasa el tamiz #4.</p>

<p style="text-align: center;">Fotografía No. 9</p> 	<p style="text-align: center;">Fotografía No. 10</p> 
<p>Toma de muestras para Contenido de Humedad del Próctor Modificado.</p>	<p>Colocación de pesas en los moldes de CBR.</p>
<p style="text-align: center;">Fotografía No. 11</p>	<p style="text-align: center;">Fotografía No. 12</p>
	
<p>Inmersión de los moldes de CBR con pesas en la cámara de curado.</p>	<p>Ensayo de los moldes de CBR, mediante el MULTISPEED34-V1172.</p>

ANEXO B

TABLAS DE

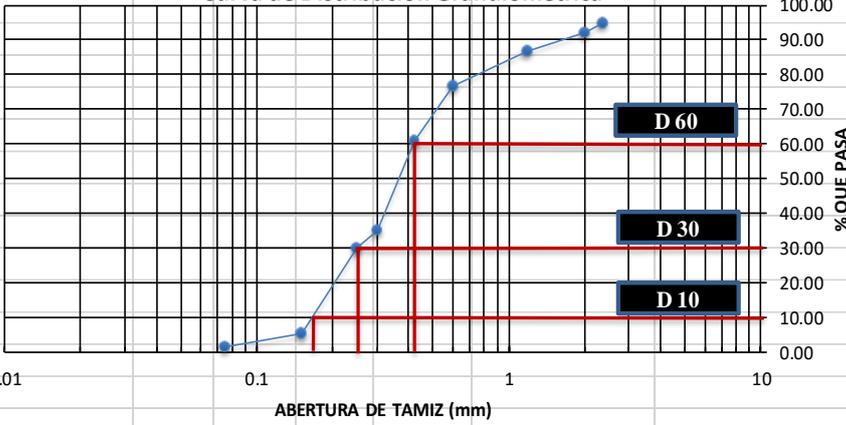
RESULTADOS

Tabla 45: Ensayo 1 Contenido de Humedad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 				
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres			
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”			
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	25/5/2021			
ID. MUESTRA:	M1	NORMA:	AASHTO T 191 2014	
N° Recipiente		A	B	C
Peso Recipiente (gr)		31.4	30.6	30.7
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)		113.7	92.7	113.0
Peso suelo seco + recipiente (gr)		97.1	80.7	96.5
Peso de agua W_w (gr)		16.6	12.0	16.5
Peso suelo seco W_s (gr)		65.7	50.1	65.8
Contenido de humedad (W%)		25.27%	23.95%	25.08%
W Promedio (%)		24.76%		

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 46: Ensayo 1 Granulometría de Suelo Fino

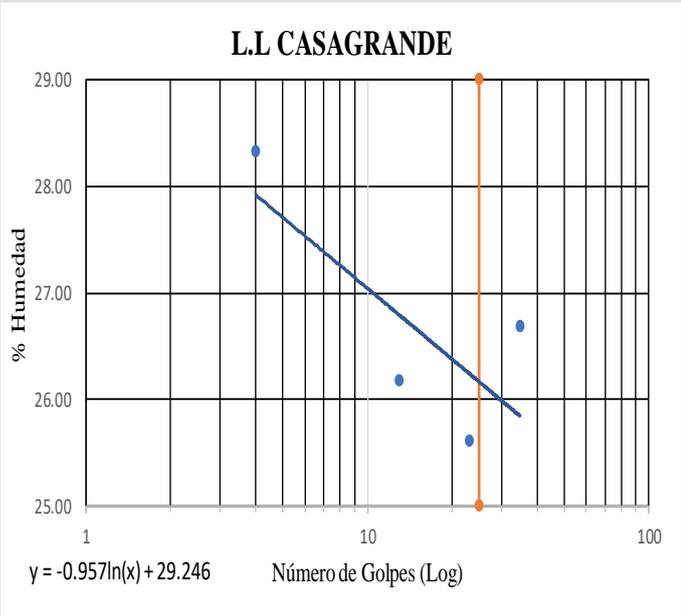
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL GRANULOMETRÍA DEL SUELO					
NORMAS: ASTM: D421-58 D-422-63 AASHTO: 7-87-70 7-88-70					
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres				
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	ID MUESTRA:	M1	REVISADO POR:	
PESO MUESTRA:	1000 gr	FECHA:	14-jun-21	Ing. Milton Aldás	
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.74	5.8	5.8	0.58	99.42
8	2.36	45.9	51.7	5.18	94.82
10	2	28.8	80.5	8.06	91.94
16	1.18	50.6	131.1	13.13	86.87
30	0.6	103.2	234.3	23.47	76.53
40	0.425	155.2	389.5	39.01	60.99
50	0.3	258.9	648.4	64.94	35.06
60	0.25	48.3	696.7	69.78	30.22
100	0.15	249.4	946.1	94.76	5.24
200	0.075	36.6	982.7	98.43	1.57
BANDEJA		15.7	998.4	100.00	
RESULTADOS					
TNM	1.18	Cu	2.33	Error Permitido	1.00%
D10	0.18				
D30	0.26				
D60	0.42	Cc	0.89	Error Calculado	0.16%
PORCENTAJE DE MATERIAL					
	Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)		
SUCS	0	98.43	1.57		
AASHTO	8.06	90.36	1.57		
Curva de Distribución Granulométrica					
 <p>The graph plots the percentage of material 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 material passing, ranging from 0.00 to 100.00. Key points are marked: D10 at approximately 0.18 mm (30.22% passing), D30 at approximately 0.26 mm (35.06% passing), and D60 at approximately 0.425 mm (60.99% passing).</p>					

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 47: Ensayo 1 Límite Líquido

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres							
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"							
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes			REVISADO POR:			Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M1			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
FECHA:	21/06/2021			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)	11.4	11.4	12.2	11.6	10.9	11	11.4	11.4
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	29.5	30	28.1	25.1	30.5	27.2	30.4	27.9
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	25.5	25.9	24.8	22.3	26.5	23.9	26.2	24.6
PESO AGUA (W_w) (gr)	4	4.1	3.3	2.8	4	3.3	4.2	3.3
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	14.1	14.5	12.6	10.7	15.6	12.9	14.8	13.2
CONTENIDO DE HUMEDAD $W\%$	28.37	28.28	26.19	26.17	25.64	25.58	28.38	25.00
PROMEDIO $W\%$	28.32		26.18		25.61		26.69	
NÚMERO DE GOLPES	4		13		23		35	
LÍMITE LÍQUIDO L.L. (%)	26.17							

L.L CASAGRANDE



$y = -0.957\ln(x) + 29.246$ Número de Golpes (Log)

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 48: Ensayo 1 Límite Plástico

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres				
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUFRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes		REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M1				
FECHA:	21/06/2021		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)	10.6	6.2	6.5	6.1	10.9
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	11.7	7.1	7.7	7	11.5
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	11.5	6.9	7.5	6.8	11.4
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	0.9	0.7	1	0.7	0.5
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	22.22	28.57	20.00	28.57	20.00
PROMEDIO W%	23.87				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	26.17				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	23.87				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	2.29				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-2-4				
SUCS	SP				

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 49: Ensayo 1 Densidad de Campo

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
MÉTODO CONO Y ARENA					
PROYECTO:		“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”			
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	FECHA:	26/7/2021		
ID. DE MUESTRA:	M1	NORMA:	ASTM D 1556-82		
REALIZADO POR:	Lenin Pilla	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás		
NORMA ASTM D 1556-82					
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAÍDO					
Peso suelo + recipiente (gr)		1194.00			
Peso recipiente (Funda)(gr)		4.00			
Peso del suelo (Wm) (gr)		1190.00			
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO					
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)		4500.00			
Lectura final frasco + cono + arena (gr)		1760.00			
Peso arena en el cono (gr)		1629.00			
Peso arena en el hueco (gr)		1111.00			
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm3)		1.582			
Volumen del hueco Vm (cm3)		702.28			
3) DETERMINACIÓN DEL $\omega\%$					
Recipiente N°		A		B	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		212.20		203.70	
Peso muestra seca + recipiente (gr)		178.40		171.40	
Peso recipiente (gr)		32.50		30.70	
Peso agua Wω (gr)		33.80		32.30	
Peso sólidos Ws (gr)		145.90		140.70	
$\omega\%$		23.17		22.96	
PROMEDIO $\omega\%$		23.06			
4) CALIBRACIÓN DEL CONO					
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)		1629.00			
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA					
Densidad sand (gr/cm3)		1.582			
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
		Volúmenes		Pesos	
Volumen de vacíos		Vv=		42.97	
Va=		Wa=		9.17	
Vw=		Ww=		33.8	
Vs=		Ws=		63.08	
Vm=		Wm=		106.05	
				179.70	
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)		1.69		gr/cm3	
Densidad seca (γ_d)		1.38		gr/cm3	
Contenido de humedad $\omega\%$		23.06		%	
Relación de vacíos $e = Vv / Vs$		0.68		natural	
Porosidad $n\% = Vv / Vm * 100$		40.52		%	
Grado de Saturación de agua $G\omega\% = Vw / Vv * 100$		78.66		%	
Grado de Saturación de aire $G_a\% = Va / Vv * 100$		21.34		%	

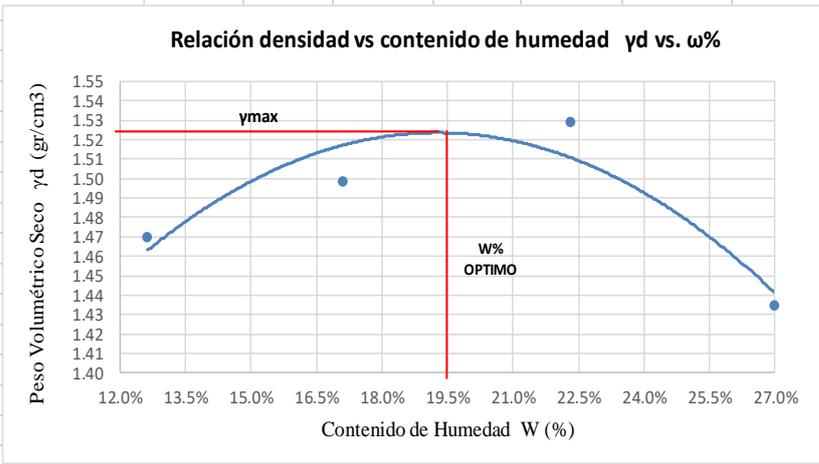
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 50: Ensayo 1 Gravedad Específica

 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:	Lenin Andres Pilla Ortega	
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”	
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	
ID. MUESTRA	M1	
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	28/6/2021	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
PESO DEL PICNÓMETRO	145.30	gr
TEMPERATURA DEL AGUA	22.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	643.80	gr
PESO DEL AGUA	498.50	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	27.10	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	670.90	gr
PESO RECIPIENTE	105.80	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	154.30	gr
PESO MUESTRA SECA	48.50	gr
Ws + Wbw	692.30	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	21.40	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9978	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.31	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 51: Ensayo 1 Próctor Modificado Tipo B

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B"								
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres							
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"							
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás					
ID. DE MUESTRA:	M1	NORMA:	AASHTO T- 180					
FECHA:	5/07/2021							
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
Nº de Golpes:	56	Nº capas:	5					
Altura de caída:	18" o 1.5ft	P. molde:	13849 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					
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo número	1	2	3	4				
Peso inicial deseado	6000	6000	6000	6000				
Humedad inicial añadida	10	15	20	25				
P. molde + suelo húmedo	17645	17871	18137	18026				
Peso suelo húmedo	3796	4022	4288	4177				
Peso unitario húmedo γ_m	1.656	1.754	1.871	1.822				
2. CONTENIDO DE HUMEDAD								
# Recipiente	A	B	C	D	E	F	G	H
R. + Suelo húmedo	145.8	145.4	139.3	135.6	175.0	167.1	260.9	241.1
R. + Suelo seco	133.1	132.3	123.4	120.3	148.6	142.3	211.8	196.4
Peso agua	12.7	13.1	15.9	15.3	26.4	24.8	49.1	44.7
Peso recipiente	30.8	30.4	30.9	30.3	30.9	30.8	30.5	30.3
Peso suelo seco	102.3	101.9	92.5	90	117.7	111.5	181.3	166.1
Contenido humedad $\omega\%$	12.41%	12.86%	17.19%	17.00%	22.43%	22.24%	27.08%	26.91%
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	12.64%		17.09%		22.34%		27.00%	
Densidad seca γ_d	1.47		1.50		1.53		1.43	
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 1.524 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 19.5 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 52: Ensayo 1 DCP



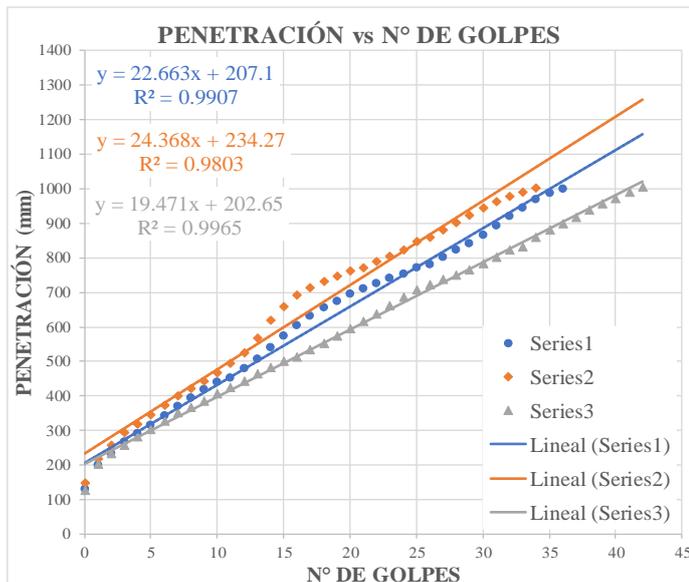
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03

REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres		
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"		
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
ID. DE MUESTRA:	M1		
FECHA:	26/07/2021	NORMA:	ASTM D 6951 03

10

ENSAYO DCP

Golpes	Penetración (mm)		
	P1	P2	P3
0	130	148	127
1	200	220	204
2	235	258	233
3	266	295	258
4	292	319	282
5	316	346	305
6	342	375	329
7	370	402	351
8	395	423	369
9	420	445	387
10	440	468	406
11	452	495	426
12	480	525	445
13	507	567	465
14	542	620	482
15	575	658	500
16	605	692	513
17	632	715	535
18	657	732	554
19	676	748	575
20	695	762	597
21	711	772	617
22	726	789	638
23	740	805	663
24	753	822	687
25	771	847	707
26	781	861	723
27	802	882	737
28	822	902	752
29	843	924	767
30	866	945	784
31	892	963	802
32	921	978	822
33	946	992	834
34	968	1003	859
35	987		881
36	1000		900
37			917
38			938
39			956
40			973
41			990
42			1006



DN (mm/golpe)		DN (prom)
1	22.663	22.17
2	24.368	
3	19.471	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

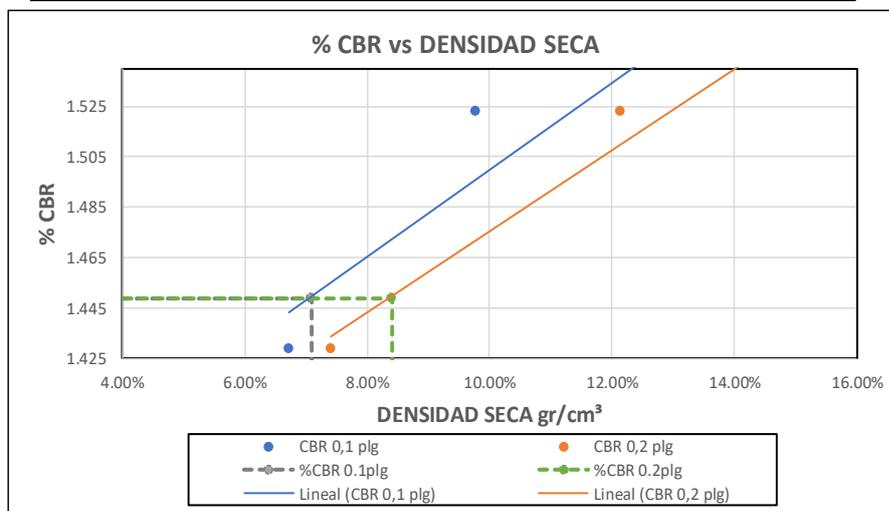
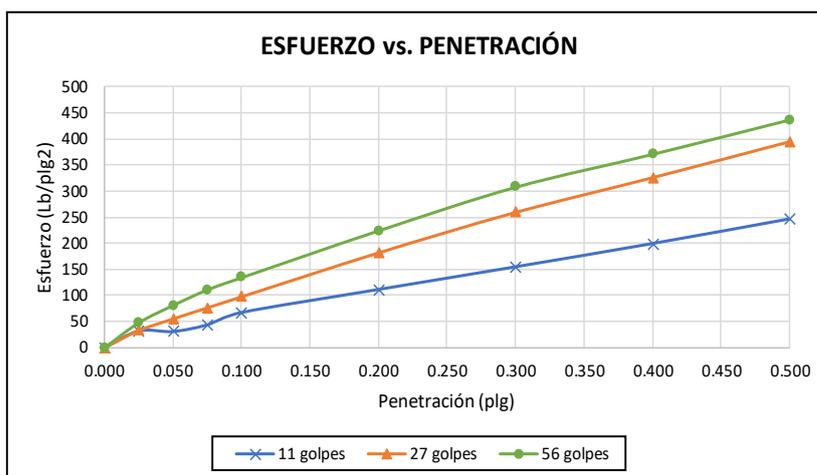
Tabla 53: Ensayo 1 CBR

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) 						
REALIZADO POR:	Lenin Andres Pilla Ortega					
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"					
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes			REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M1			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	12/07/2021			Wópt:	19.5	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.16	Diámetro	15.12	Diámetro	15.16
	Altura	12.93	Altura	12.85	Altura	12.83
Nº de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	9850		10010		11342	
Masa Molde (gr)	5828		5758		7018	
Masa muestra húmeda (gr)	4022		4252		4324	
Volumen muestra (cm ³)	2333.86		2307.19		2315.81	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.723		1.843		1.867	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
Nº Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	31.8	31.1	32.6	30.2	32.6	34.4
Masa suelo hum+recip. (gr)	221.7	196.7	210.4	201.6	242.1	239.1
Masa suelo seco+recip. (gr)	189.3	168.3	179.1	172.2	205.9	204.2
Masa de agua (gr)	32.4	28.4	31.3	29.4	36.2	34.9
Masa suelo seco (gr)	157.5	137.2	146.5	142	173.3	169.8
Contenido de humedad W%	20.57%	20.70%	21.37%	20.70%	20.89%	20.55%
Promedio W%	20.64%		21.03%		20.72%	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.429		1.523		1.547	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10119		10098		11379	
Masa Molde (gr)	5828		5758		7018	
Masa muestra húmeda (gr)	4291		4340		4361	
Volumen muestra (cm ³)	2333.86		2307.19		2315.81	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.839		1.881		1.883	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Nº Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	31.7	32.5	31.1	30.3	31.1	32.6
Masa suelo hum+recip. (gr)	238.4	256.1	238.1	224.7	259.4	227.8
Masa suelo seco+recip. (gr)	197.6	213.7	198.3	188.3	216.3	192.8
Masa de agua (gr)	40.8	42.4	39.8	36.4	43.1	35
Masa suelo seco (gr)	165.9	181.2	167.2	158	185.2	160.2
Contenido de humedad W%	24.59%	23.40%	23.80%	23.04%	23.27%	21.85%
Promedio W%	24.00%		23.42%		22.56%	

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	0.00	0	0.00
0.025	96.3	32.10	98.5	32.83	143.6	47.87
0.050	93.3	31.10	165.9	55.30	243.3	81.10
0.075	131.3	43.77	229.6	76.53	333.3	111.10
0.100	201.8	67.27	293.2	97.73	403.3	134.43
0.200	333.5	111.17	546.2	182.07	673.3	224.43
0.300	463.1	154.37	778.8	259.60	924.2	308.07
0.400	596	198.67	978.8	326.27	1113.8	371.27
0.500	736.8	245.60	1186	395.33	1312.1	437.37

N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	67.27	6.73%	1.429	111.17	7.41%	1.429
B	97.73	9.77%	1.523	182.07	12.14%	1.523
C	134.43	13.44%	1.547	224.43	14.96%	1.547

Densidad Seca Máxima	1.53					
DSM	%CBR 0.1plg		%CBR 0.2plg		%CBR MAYOR	
95%	1.45	7.09%	8.40%	8.40%		



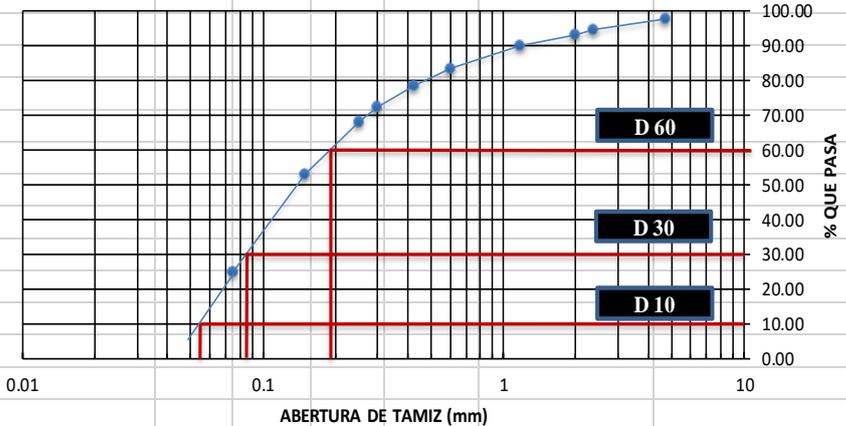
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 54: Ensayo 2 Contenido de Humedad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 				
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres			
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”			
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	25/5/2021			
ID. MUESTRA:	M2	NORMA:	AASHTO T 191 2014	
Nº Recipiente		A	B	C
Peso Recipiente (gr)		31.2	30.9	30.5
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)		114.5	116.2	110.7
Peso suelo seco + recipiente (gr)		98.9	100.5	95.9
Peso de agua W_w (gr)		15.6	15.7	14.8
Peso suelo seco W_s (gr)		67.7	69.6	65.4
Contenido de humedad (W%)		23.04%	22.56%	22.63%
W Promedio (%)		22.74%		

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 55: Ensayo 2 Granulometría de Suelo Fino

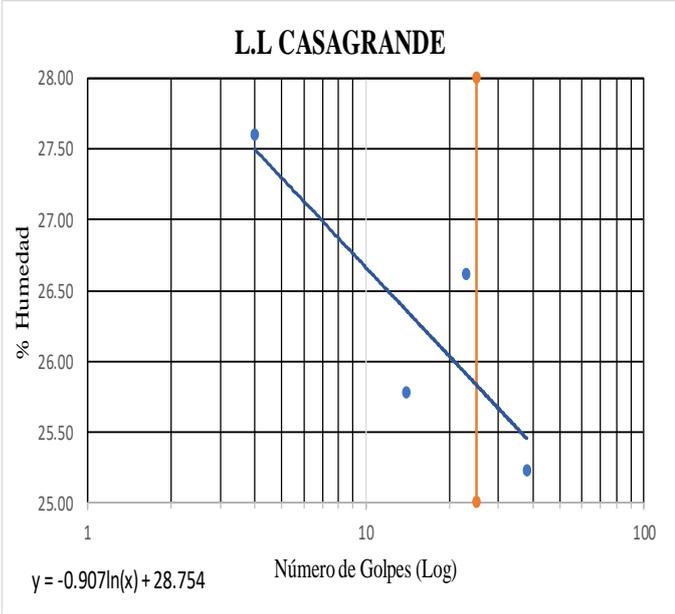
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL GRANULOMETRÍA DEL SUELO					
NORMAS: ASTM: D421-58 D-422-63 AASHTO: 7-87-70 7-88-70					
REALIZADO POR:		Pilla Ortega Lenin Andres			
PROYECTO:		"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"			
UBICACIÓN:		Patate - Los Andes	ID MUESTRA:	M2	REVISADO POR:
PESO MUESTRA:		1000 gr	FECHA:	14-jun-21	Ing. Milton Aldás
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.74	21.1	21.1	2.11	97.89
8	2.36	31.1	52.2	5.22	94.78
10	2	14.9	67.1	6.71	93.29
16	1.18	30.2	97.3	9.73	90.27
30	0.6	65.8	163.1	16.31	83.69
40	0.425	52.7	215.8	21.58	78.42
50	0.3	58.8	274.6	27.47	72.53
60	0.25	45.8	320.4	32.05	67.95
100	0.15	147.0	467.4	46.75	53.25
200	0.075	281.7	749.1	74.92	25.08
BANDEJA		250.7	999.8	100.00	
RESULTADOS					
TNM	1.18	Cu	3.52	Error Permitido	1.00%
D10	0.054				
D30	0.085	Cc	0.70	Error Calculado	0.02%
D60	0.19				
PORCENTAJE DE MATERIAL					
	Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)		
SUCS	0	74.92	25.08		
AASHTO	6.71	68.21	25.08		
Curva de Distribución Granulométrica					
					

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 56: Ensayo 2 Límite Líquido

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres							
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"							
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes			REVISADO POR:			Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M2			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
FECHA:	21/06/2021			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
Nº MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
Nº RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	11.6	11.3	11.1	11.4	11.1	12.1	10.9	11.4
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	29.5	29	34	32.9	30.4	30.4	33.2	28.8
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	25.6	25.2	29.3	28.5	26.4	26.5	28.7	25.3
PESO AGUA (W_w) (gr)	3.9	3.8	4.7	4.4	4	3.9	4.5	3.5
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	14	13.9	18.2	17.1	15.3	14.4	17.8	13.9
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	27.86	27.34	25.82	25.73	26.14	27.08	25.28	25.18
PROMEDIO W%	27.60		25.78		26.61		25.23	
NÚMERO DE GOLPES	4		14		23		38	
LÍMITE LÍQUIDO L.L. (%)	25.83							

L.L CASAGRANDE



$y = -0.907\ln(x) + 28.754$

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 57: Ensayo 2 Límite Plástico

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Pilla Ortgea Lenin Andres				
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	REVISADO POR:		Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M4	NORMA:		AASHTO: T- 90-70	
FECHA:	21/06/2021				
N° MUESTRA	1	2	3	4	5
N° RECIPIENTE	A	B	C	D	E
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	7.4	10.6	10.8	6.1	10.6
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	8.5	11.9	11.3	7.9	11.6
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	8.3	11.6	11.2	7.6	11.4
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	0.9	1	0.4	1.5	0.8
CONTENIDO DE HUMEDAD $W\%$	22.22	30.00	25.00	20.00	25.00
PROMEDIO $W\%$	24.44				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	25.83				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	24.44				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	1.39				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-2-4				
SUCS	SM				

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 58: Ensayo 2 Densidad de Campo

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PROYECTO:		“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”			
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	FECHA:	26/7/2021		
ID. DE MUESTRA:	M2	NORMA:	ASTM D 1556-82		
REALIZADO POR:	Lenin Pilla	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás		
NORMA ASTM D 1556-82					
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAÍDO					
Peso suelo + recipiente (gr)		1203.00			
Peso recipiente (Funda)(gr)		4.00			
Peso del suelo (Wm) (gr)		1199.00			
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO					
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)		4500.00			
Lectura final frasco + cono + arena (gr)		1755.00			
Peso arena en el cono (gr)		1629.00			
Peso arena en el hueco (gr)		1116.00			
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm ³)		1.582			
Volumen del hueco Vm (cm ³)		705.44			
3) DETERMINACIÓN DEL $\omega\%$					
Recipiente N°		A		B	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		212.20		203.70	
Peso muestra seca + recipiente (gr)		180.80		173.70	
Peso recipiente (gr)		32.50		30.70	
Peso agua Wω (gr)		31.40		30.00	
Peso sólidos Ws (gr)		148.30		143.00	
$\omega\%$		21.17		20.98	
PROMEDIO $\omega\%$		21.08			
4) CALIBRACIÓN DEL CONO					
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)		1629.00			
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA					
Densidad sand (gr/cm ³)		1.582			
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
		Volúmenes		Pesos	
Volumen de vacíos		Vv=	47.30	-	
Va=		Wa=	15.90	0.00	
Vw=		Ww=	31.4	31.40	
Vs=		Ws=	58.43	148.30	
Vm=		Wm=	105.73	179.70	
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)		1.70		gr/cm ³	
Densidad seca (γ_d)		1.40		gr/cm ³	
Contenido de humedad $\omega\%$		21.08		%	
Relación de vacíos $e = Vv / Vs$		0.81		natural	
Porosidad $n\% = Vv / Vm * 100$		44.73		%	
Grado de Saturación de agua $G\omega\% = Vw / Vv * 100$		66.39		%	
Grado de Saturación de aire $G_a\% = Va / Vv * 100$		33.61		%	

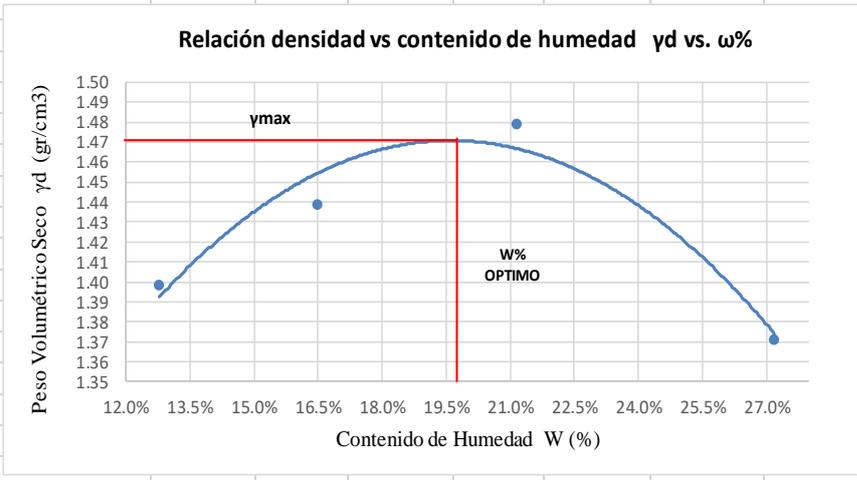
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 59: Ensayo 2 Gravedad Específica

 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:	Lenin Andres Pilla Ortega	
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”	
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	
ID. MUESTRA	M2	
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	28/6/2021	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
PESO DEL PICNÓMETRO	152.30	gr
TEMPERATURA DEL AGUA	23.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	650.40	gr
PESO DEL AGUA	498.10	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	29.00	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	679.40	gr
PESO RECIPIENTE	106.30	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	154.80	gr
PESO MUESTRA SECA	48.50	gr
Ws + Wbw	698.90	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	19.50	gr
FACTOR DE CORRECIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9976	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.54	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 60: Ensayo 2 Próctor Modificado Tipo B

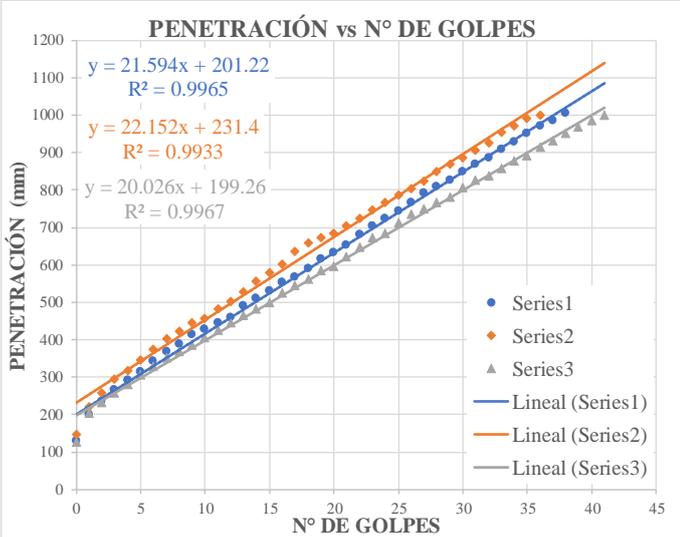
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B" 								
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres							
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”							
UBICACIÓN:	Patate Los Andes							
ID. DE MUESTRA:	M2							
FECHA:	5/07/2021							
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás							
NORMA:	AASHTO T- 180							
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
Nº de Golpes:	56							
Nº capas:	5							
P. martillo:	10 lb							
Altura de caída:	18' o 1.5ft							
P. molde:	13849 gr							
Vol. molde:	2292.41 cm ³							
Energía de compactación:	55986 lb/ft ³							
Diámetro:	15.16 cm							
Altura:	12.7 cm							
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo número	1							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	10							
P. molde + suelo húmedo	17465							
Peso suelo húmedo	3616							
Peso unitario húmedo γ_m	1.577							
Ensayo número	2							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	15							
P. molde + suelo húmedo	17691							
Peso suelo húmedo	3842							
Peso unitario húmedo γ_m	1.676							
Ensayo número	3							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	20							
P. molde + suelo húmedo	17957							
Peso suelo húmedo	4108							
Peso unitario húmedo γ_m	1.792							
Ensayo número	4							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	25							
P. molde + suelo húmedo	17846							
Peso suelo húmedo	3997							
Peso unitario húmedo γ_m	1.744							
2. CONTENIDO DE HUMEDAD								
# Recipiente	A	B	C	D	E	F	G	H
R. + Suelo húmedo	175.8	165.4	159.3	155.6	195.0	187.1	198.9	187.1
R. + Suelo seco	159.1	150.3	141.3	137.7	166.5	159.6	163.0	153.5
Peso agua	16.7	15.1	18	17.9	28.5	27.5	35.9	33.6
Peso recipiente	30.5	30.1	30.7	30.5	31.1	30.2	30.8	30.1
Peso suelo seco	128.6	120.2	110.6	107.2	135.4	129.4	132.2	123.4
Contenido humedad $\omega\%$	12.99%	12.56%	16.27%	16.70%	21.05%	21.25%	27.16%	27.23%
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	12.77%		16.49%		21.15%		27.19%	
Densidad seca γ_d	1.40		1.44		1.48		1.37	
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 1.471 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 19.7 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 61: Ensayo 2 DCP

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03			
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres		
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"		
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
ID. DE MUESTRA:	M2		
FECHA:	26/07/2021	NORMA:	ASTM D 6951 03

ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	P1	P2	P3
0	130	148	127
1	200	220	204
2	235	258	233
3	266	295	258
4	292	319	282
5	316	346	305
6	342	375	329
7	370	402	351
8	390	423	369
9	415	445	387
10	428	458	406
11	445	483	426
12	460	503	445
13	490	528	465
14	510	556	482
15	530	580	500
16	555	602	524
17	568	635	545
18	591	658	562
19	615	672	585
20	633	685	597
21	654	705	623
22	683	725	648
23	705	748	673
24	725	768	685
25	745	788	714
26	767	805	735
27	793	825	749
28	810	849	768
29	827	870	782
30	849	887	806
31	868	905	826
32	887	927	838
33	910	956	859
34	928	973	878
35	952	993	893
36	972	1000	915
37	987		932
38	1006		952
39			968
40			985
41			1000



DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	21.59
2	22.152
3	20.026

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

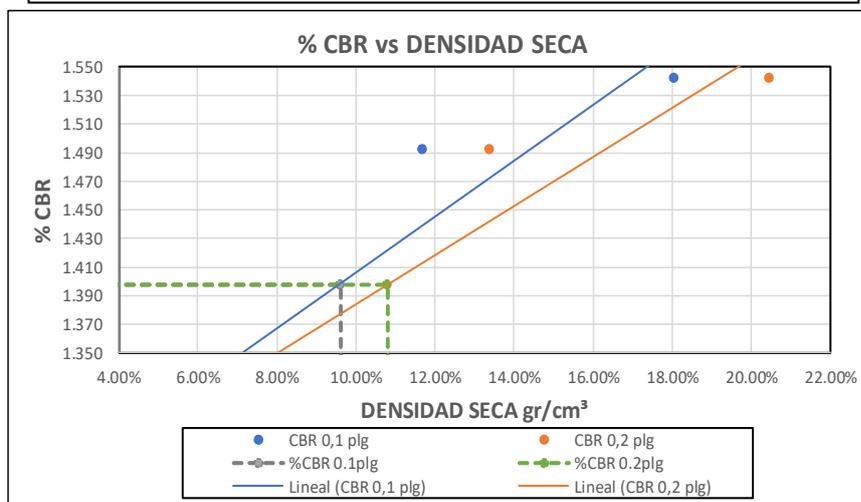
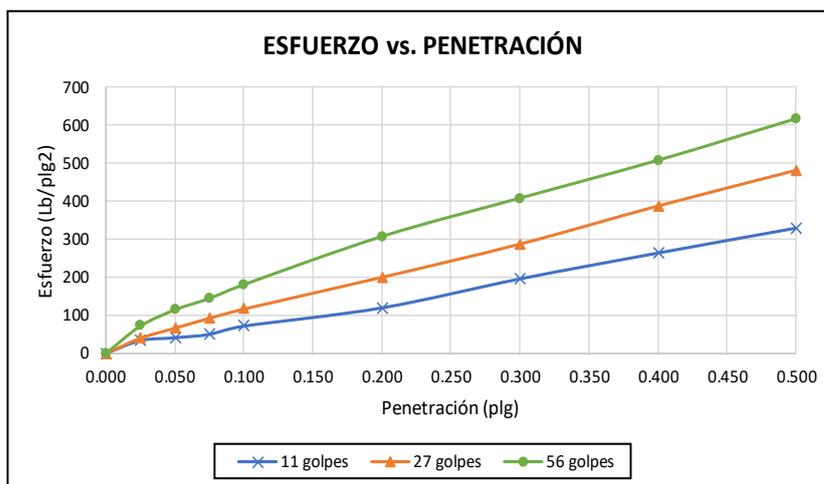
Tabla 62: Ensayo 2 CBR

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
REALIZADO POR:	Lenin Andres Pilla Ortega					
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"					
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes			REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M2			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	12/07/2021			Wópt:	19.7	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.16	Diámetro	15.16	Diámetro	15.12
	Altura	12.83	Altura	12.93	Altura	12.85
N° de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	10735		10015		10042	
Masa Molde (gr)	7018		5828		5758	
Masa muestra húmeda (gr)	3717		4187		4284	
Volumen muestra (cm ³)	2315.81		2333.86		2307.19	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.605		1.794		1.857	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	31.2	30.9	30.8	30.9	31.2	31.8
Masa suelo hum+recip. (gr)	231.7	216.7	220.4	210.6	256.6	249.3
Masa suelo seco+recip. (gr)	196.2	183.6	188.4	180.5	218.2	212.6
Masa de agua (gr)	35.5	33.1	32	30.1	38.4	36.7
Masa suelo seco (gr)	165	152.7	157.6	149.6	187	180.8
Contenido de humedad W%	21.52%	21.68%	20.30%	20.12%	20.53%	20.30%
Promedio W%	21.60%		20.21%		20.42%	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.320		1.492		1.542	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11302		10270		10307	
Masa Molde (gr)	7018		5828		5758	
Masa muestra húmeda (gr)	4284		4442		4549	
Volumen muestra (cm ³)	2315.81		2333.86		2307.19	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.850		1.903		1.972	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	31.2	31.2	30.9	31.1	30.8	30.9
Masa suelo hum+recip. (gr)	252.1	265.2	243.2	256.3	229.7	227.8
Masa suelo seco+recip. (gr)	210.3	220.3	204.6	214.8	192.8	191.3
Masa de agua (gr)	41.8	44.9	38.6	41.5	36.9	36.5
Masa suelo seco (gr)	179.1	189.1	173.7	183.7	162	160.4
Contenido de humedad W%	23.34%	23.74%	22.22%	22.59%	22.78%	22.76%
Promedio W%	23.54%		22.41%		22.77%	

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	0.00	0	0.00
0.025	101.1	33.70	120	40.00	215.2	71.73
0.050	123.5	41.17	200	66.67	343.3	114.43
0.075	150.2	50.07	278.1	92.70	433.3	144.43
0.100	215	71.67	351.2	117.07	542.2	180.73
0.200	358.4	119.47	602.2	200.73	921.4	307.13
0.300	586.2	195.40	865.2	288.40	1223.2	407.73
0.400	789.1	263.03	1166.1	388.70	1521.2	507.07
0.500	985.2	328.40	1448.2	482.73	1848.1	616.03

N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	71.67	7.17%	1.320	119.47	7.96%	1.320
B	117.07	11.71%	1.492	200.73	13.38%	1.492
C	180.73	18.07%	1.542	307.13	20.48%	1.542

Densidad Seca Máxima	1.471				
DSM		%CBR 0.1plg	%CBR 0.2plg	%CBR MAYOR	
95%	1.40	9.60%	10.80%	10.80%	



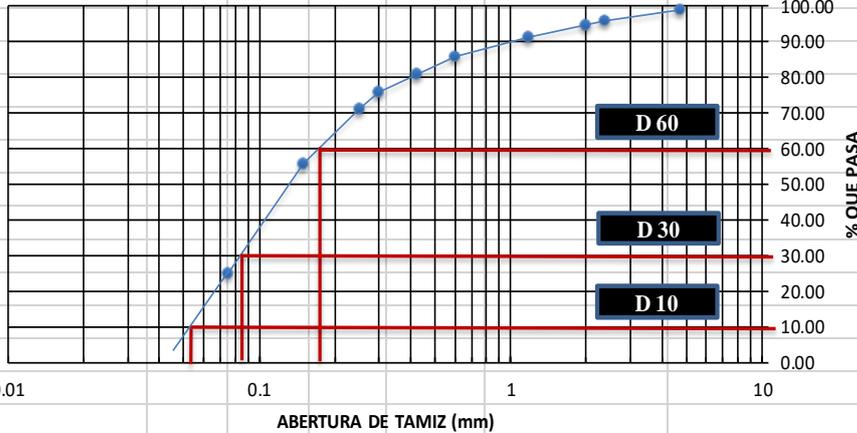
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 63: Ensayo 3 Contenido de Humedad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 				
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres			
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"			
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	25/5/2021			
ID. MUESTRA:	M3	NORMA:	AASHTO T 191 2014	
N° Recipiente		A	B	C
Peso Recipiente (gr)		32.3	30.2	30.5
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)		151.7	146.6	125.3
Peso suelo seco + recipiente (gr)		139.0	135.0	115.9
Peso de agua W_w (gr)		12.7	11.6	9.4
Peso suelo seco W_s (gr)		106.7	104.8	85.4
Contenido de humedad (W%)		11.90%	11.07%	11.01%
W Promedio (%)		11.33%		

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 64: Ensayo 3 Granulometría de Suelo Fino

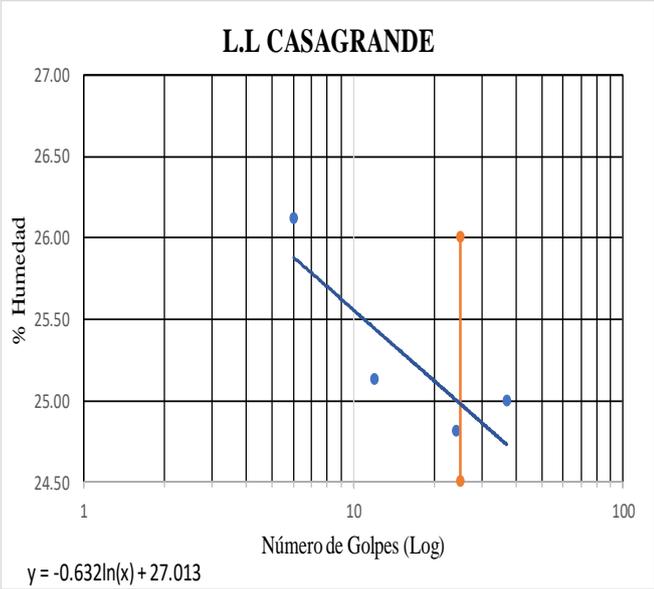
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL GRANULOMETRÍA DEL SUELO					
NORMAS: ASTM: D421-58 D-422-63 AASHTO: 7-87-70 7-88-70					
REALIZADO POR:		Pilla Ortega Lenin Andres			
PROYECTO:		"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"			
UBICACIÓN:		Patate - Los Andes	ID MUESTRA:	M3	REVISADO POR:
PESO MUESTRA:		1000 gr	FECHA:	14-jun-21	Ing. Milton Aldás
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.74	11.8	11.8	1.18	98.82
8	2.36	28.1	39.9	3.99	96.01
10	2	13.8	53.7	5.37	94.63
16	1.18	32.0	85.7	8.58	91.42
30	0.6	57.6	143.3	14.34	85.66
40	0.425	47.2	190.5	19.07	80.93
50	0.3	52.0	242.5	24.27	75.73
60	0.25	44.3	286.8	28.70	71.30
100	0.15	155.6	442.4	44.28	55.72
200	0.075	306.4	748.8	74.94	25.06
BANDEJA		250.4	999.2	100.00	
RESULTADOS					
TNM	0.6	Cu	3.46	Error Permitido	1.00%
D10	0.052				
D30	0.085	Cc	0.77	Error Calculado	0.08%
D60	0.18				
PORCENTAJE DE MATERIAL					
	Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)		
SUCS	0	74.94	25.06		
AASHTO	5.37	69.57	25.06		
Curva de Distribución Granulométrica					
					

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 65: Ensayo 3 Límite Líquido

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres							
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"							
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes			REVISADO POR:			Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M4							
FECHA:	22/06/2021			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
Nº MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
Nº RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	11.8	11.6	11.5	11.8	11.2	17.7	11.5	11.3
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	32.9	25.7	32.5	35.6	27.4	29.2	33	35.3
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	28.5	22.8	28.3	30.8	24.2	26.9	28.7	30.5
PESO AGUA (W_w) (gr)	4.4	2.9	4.2	4.8	3.2	2.3	4.3	4.8
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	16.7	11.2	16.8	19	13	9.2	17.2	19.2
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	26.35	25.89	25.00	25.26	24.62	25.00	25.00	25.00
PROMEDIO W%	26.12		25.13		24.81		25.00	
NÚMERO DE GOLPES	6		12		24		37	
LÍMITE LÍQUIDO L.L. (%)	24.98							

L.L CASAGRANDE



$y = -0.632\ln(x) + 27.013$

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 66: Ensayo 3 Límite Plástico

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Pilla Ortgea Lenin Andres				
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes		REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M4				
FECHA:	21/06/2021		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)	6.1	15	6.1	6.3	10.7
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	7	16.1	7.1	6.9	11.8
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	6.8	15.9	6.9	6.8	11.6
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	0.7	0.9	0.8	0.5	0.9
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	28.57	22.22	25.00	20.00	22.22
PROMEDIO W%	23.60				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	25.43				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	23.60				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	1.82				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-2-4				
SUCS	SM				

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 67: Ensayo 3 Densidad de Campo

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”				
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	FECHA:	26/7/2021		
ID. DE MUESTRA:	M3	NORMA:	ASTM D 1556-82		
REALIZADO POR:	Lenin Pilla	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás		
NORMA ASTM D 1556-82					
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAÍDO					
Peso suelo + recipiente (gr)		1373.00			
Peso recipiente (Funda)(gr)		4.00			
Peso del suelo (Wm) (gr)		1369.00			
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO					
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)		4500.00			
Lectura final frasco + cono + arena (gr)		1621.00			
Peso arena en el cono (gr)		1629.00			
Peso arena en el hueco (gr)		1250.00			
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm ³)		1.582			
Volumen del hueco Vm (cm ³)		790.14			
3) DETERMINACIÓN DEL $\omega\%$					
Recipiente N°			A	B	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)			209.90	211.70	
Peso muestra seca + recipiente (gr)			186.10	187.80	
Peso recipiente (gr)			29.00	32.60	
Peso agua Wω (gr)			23.80	23.90	
Peso sólidos W_s (gr)			157.10	155.20	
$\omega\%$			15.15	15.40	
PROMEDIO $\omega\%$			15.27		
4) CALIBRACIÓN DEL CONO					
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)		1629.00			
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA					
Densidad sand (gr/cm ³)		1.582			
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
		Volúmenes		Pesos	
Volumen de vacíos		V _v =	38.92	-	
V _a =		W _a =	15.12	0.00	
V _w =		W _w =	23.8	23.80	
V _s =		W _s =	65.49	157.10	
V _m =		W _m =	104.41	180.90	
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)		1.73		gr/cm ³	
Densidad seca (γ_d)		1.50		gr/cm ³	
Contenido de humedad $\omega\%$		15.27		%	
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$		0.59		natural	
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$		37.28		%	
Grado de Saturación de agua $G\omega\% = V_w / V_v * 100$		61.15		%	
Grado de Saturación de aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$		38.85		%	

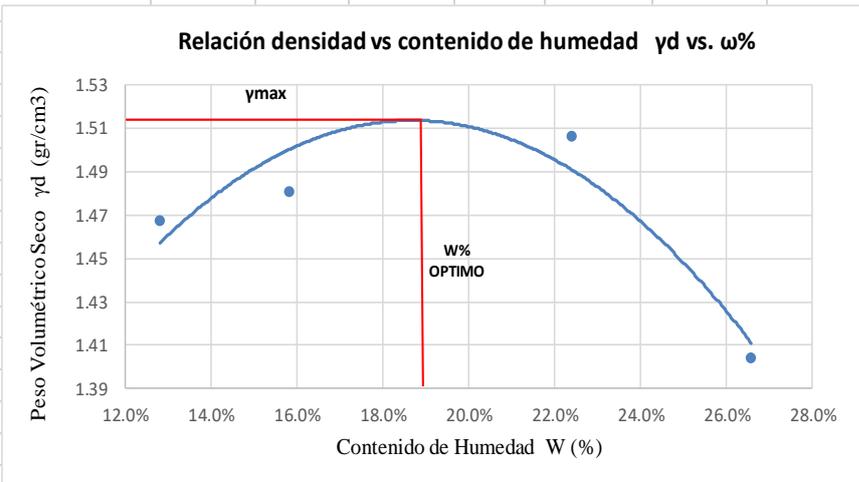
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 68: Ensayo 3 Gravedad Específica

 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:	Lenin Andres Pilla Ortega	
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”	
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	
ID. MUESTRA	M3	
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	28/6/2021	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
PESO DEL PICNÓMETRO	163.10	gr
TEMPERATURA DEL AGUA	22.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	661.40	gr
PESO DEL AGUA	498.30	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	28.10	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	689.50	gr
PESO RECIPIENTE	120.30	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	169.20	gr
PESO MUESTRA SECA	48.90	gr
Ws + Wbw	710.30	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	20.80	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9978	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.40	

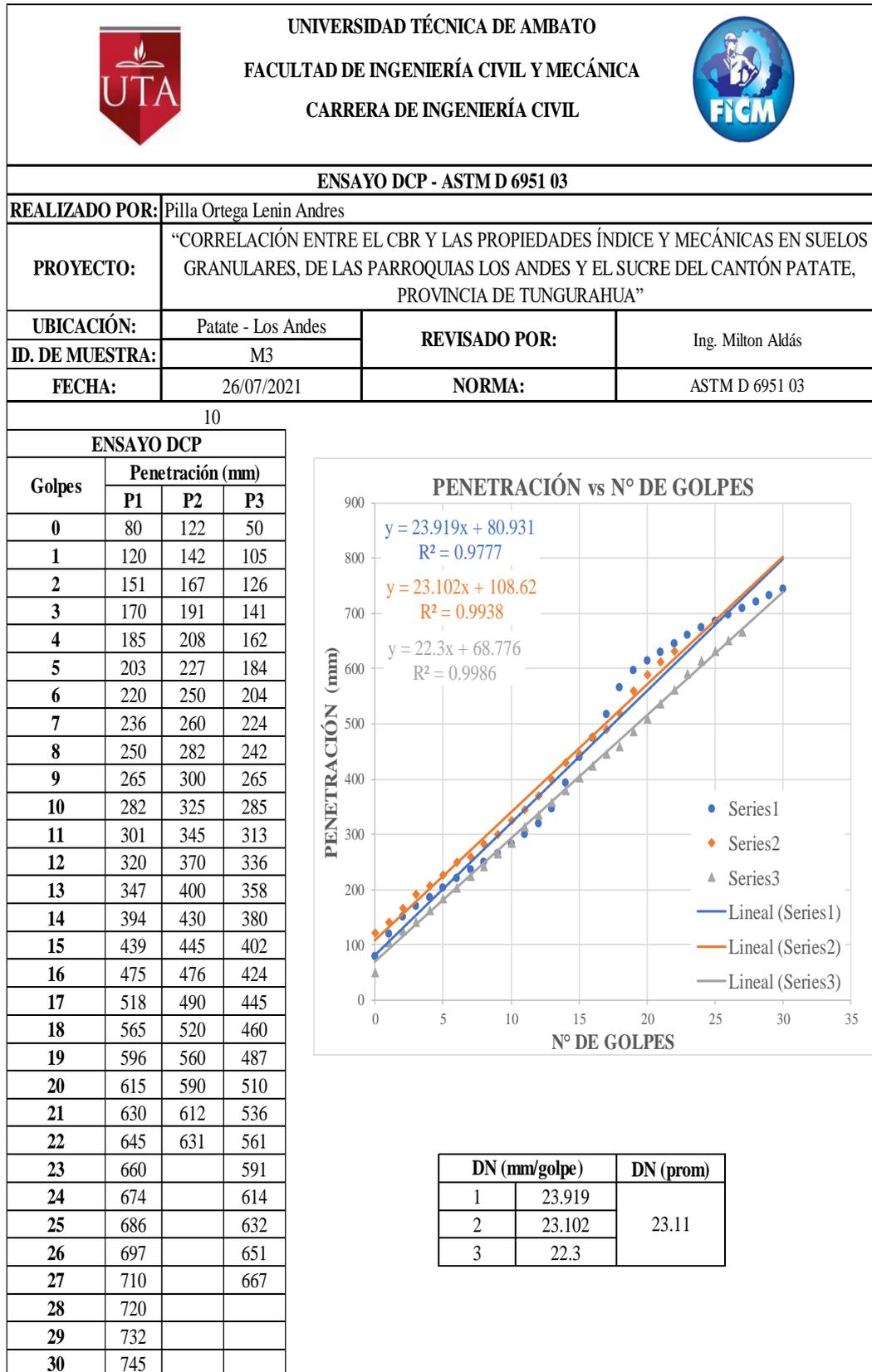
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 69: Ensayo 3 Próctor Modificado Tipo B

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B" 								
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres							
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”							
UBICACIÓN:	Patate Los Andes							
ID. DE MUESTRA:	M3							
FECHA:	5/07/2021							
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás							
NORMA:	AASHTO T- 180							
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
Nº de Golpes:	56							
Nº capas:	5							
P. martillo:	10 lb							
Altura de caída:	18' o 1.5ft							
P. molde:	13950 gr							
Vol. molde:	2292.41 cm3							
Energía de compactación:	55986 lb/ft/ft3							
Diámetro:	15.16 cm							
Altura:	12.7 cm							
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo número	1							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	10							
P. molde + suelo húmedo	17745							
Peso suelo húmedo	3795							
Peso unitario húmedo γ_m	1.655							
Ensayo número	2							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	15							
P. molde + suelo húmedo	17882							
Peso suelo húmedo	3932							
Peso unitario húmedo γ_m	1.715							
Ensayo número	3							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	20							
P. molde + suelo húmedo	18177							
Peso suelo húmedo	4227							
Peso unitario húmedo γ_m	1.844							
Ensayo número	4							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	25							
P. molde + suelo húmedo	18025							
Peso suelo húmedo	4075							
Peso unitario húmedo γ_m	1.778							
2. CONTENIDO DE HUMEDAD								
# Recipiente	A	B	C	D	E	F	G	H
R. + Suelo húmedo	144.5	147.2	145.0	141.2	145.6	164.6	190.2	177.0
R. + Suelo seco	131.9	133.6	129	126.5	124.6	140.1	155.7	147.2
Peso agua	12.6	13.6	16	14.7	21	24.5	34.5	29.8
Peso recipiente	30.4	30.6	30.9	30.7	30.7	30.9	30.7	30.7
Peso suelo seco	101.5	103	98.1	95.8	93.9	109.2	125	116.5
Contenido humeda $\omega\%$	12.41%	13.20%	16.31%	15.34%	22.36%	22.44%	27.60%	25.58%
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	12.81%		15.83%		22.40%		26.59%	
Densidad seca γ_d	1.47		1.48		1.51		1.40	
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 1.513 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 19,0 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 70: Ensayo 3 DCP

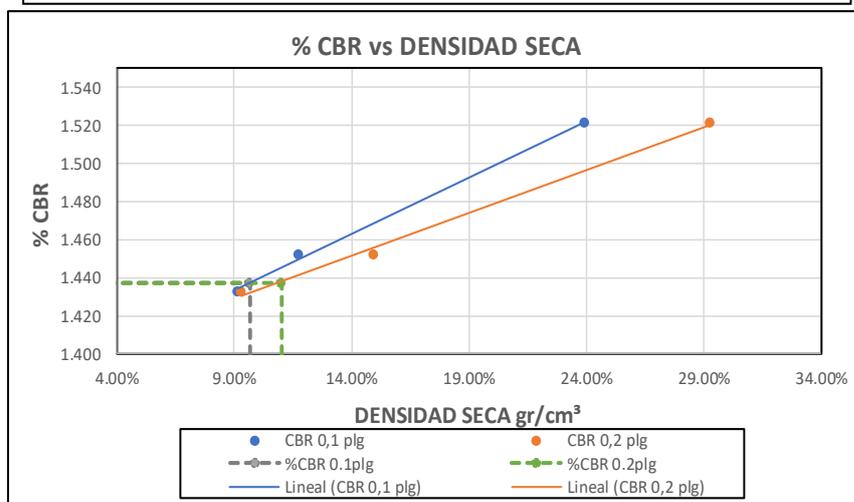
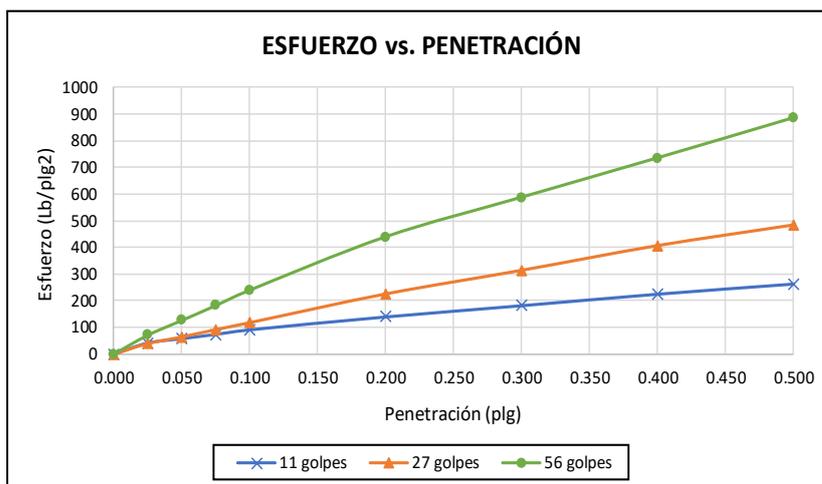


Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 71: Ensayo 3 CBR

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
REALIZADO POR:	Lenin Andres Pilla Ortega					
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"					
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes		REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás		
ID. DE MUESTRA:	M3		NORMA:	ASTM D-1883		
FECHA:	12/07/2021		Wópt:	19.0		
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.14	Diámetro	15.16	Diámetro	15.15
	Altura	12.77	Altura	12.92	Altura	12.72
Nº de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	10919		10529		12419	
Masa Molde (gr)	6932		6254		8206	
Masa muestra húmeda (gr)	3987		4275		4213	
Volumen muestra (cm3)	2298.90		2332.05		2292.92	
Peso unitario húmedo (gr/cm3)	1.734		1.833		1.837	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
Nº Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	30.3	31.6	31.1	31.8	30.9	30.8
Masa suelo hum+recip. (gr)	228.6	212.7	236.8	210.4	144.3	169.1
Masa suelo seco+recip. (gr)	194	181.3	200.7	179.2	124.9	145.2
Masa de agua (gr)	34.6	31.4	36.1	31.2	19.4	23.9
Masa suelo seco (gr)	163.7	149.7	169.6	147.4	94	114.4
Contenido de humedad W%	21.14%	20.98%	21.29%	21.17%	20.64%	20.89%
Promedio W%	21.06%		21.23%		20.76%	
Peso unitario seco (gr/cm3)	1.433		1.512		1.521	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11106		10597		12466	
Masa Molde (gr)	6932		6254		8206	
Masa muestra húmeda (gr)	4174		4343		4260	
Volumen muestra (cm3)	2298.90		2332.05		2292.92	
Peso unitario húmedo (gr/cm3)	1.816		1.862		1.858	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Nº Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	31.8	34.4	30.2	31.6	30.9	30.8
Masa suelo hum+recip. (gr)	256.5	234.4	248.5	218.9	153.1	156.7
Masa suelo seco+recip. (gr)	207.2	194.6	205.5	185.5	129.3	133.6
Masa de agua (gr)	49.3	39.8	43	33.4	23.8	23.1
Masa suelo seco (gr)	175.4	160.2	175.3	153.9	98.4	102.8
Contenido de humedad W%	28.11%	24.84%	24.53%	21.70%	24.19%	22.47%
Promedio W%	26.48%		23.12%		23.33%	

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	0.00	0	0.00
0.025	126.2	42.07	118.6	39.53	212.2	70.73
0.050	175.5	58.50	193.3	64.43	378.2	126.07
0.075	223.4	74.47	275.3	91.77	545.2	181.73
0.100	274.8	91.60	353.2	117.73	718.5	239.50
0.200	419.6	139.87	673.9	224.63	1318.8	439.60
0.300	546	182.00	938.2	312.73	1763.3	587.77
0.400	675.3	225.10	1213.9	404.63	2205.2	735.07
0.500	789.3	263.10	1445.2	481.73	2655.8	885.27
.						
N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	91.60	9.16%	1.433	139.87	9.32%	1.433
B	117.73	11.77%	1.452	224.63	14.98%	1.452
C	239.50	23.95%	1.521	439.60	29.31%	1.521
Densidad Seca Máxima	1.513					
DSM		%CBR 0.1plg		%CBR 0.2plg	%CBR MAYOR	
95%	1.44	9.70%		11.00%	11.00%	



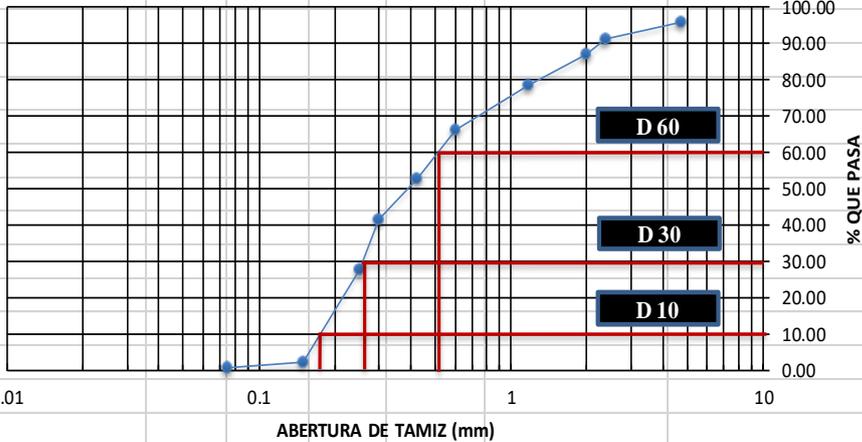
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 72: Ensayo 4 Contenido de Humedad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 				
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres			
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”			
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	25/5/2021			
ID. MUESTRA:	M4	NORMA:	AASHTO T 191 2014	
N° Recipiente		A	B	C
Peso Recipiente (gr)		31.3	31.0	30.8
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)		126.9	122.1	121.7
Peso suelo seco + recipiente (gr)		113.4	112.7	111.6
Peso de agua W_w (gr)		13.5	9.4	10.1
Peso suelo seco W_s (gr)		82.1	81.7	80.8
Contenido de humedad (W%)		16.44%	11.51%	12.50%
W Promedio (%)		13.48%		

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 73: Ensayo 4 Granulometría de Suelos Finos

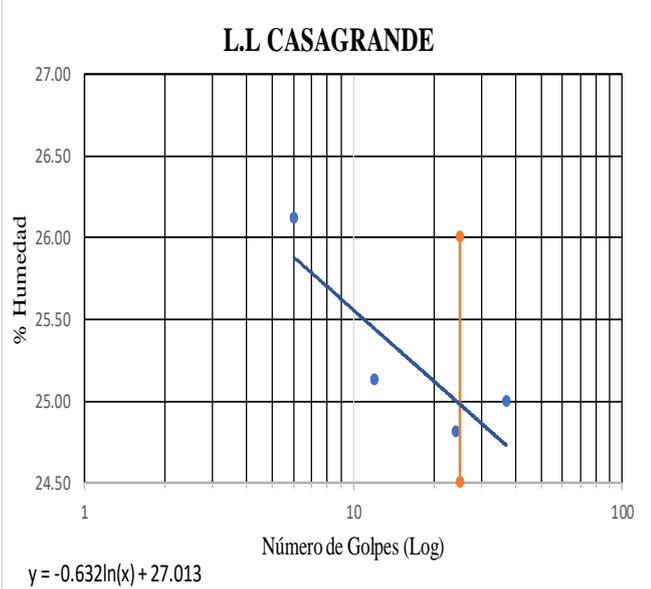
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL GRANULOMETRÍA DEL SUELO					
NORMAS: ASTM: D421-58 D-422-63 AASHTO: 7-87-70 7-88-70					
REALIZADO POR:		Pilla Ortega Lenin Andres			
PROYECTO:		"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"			
UBICACIÓN:		Patate - Los Andes	ID MUESTRA:	M4	REVISADO POR:
PESO MUESTRA:		1000 gr	FECHA:	14-jun-21	Ing. Milton Aldás
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.74	41.9	41.9	4.20	95.80
8	2.36	46.7	88.6	8.88	91.12
10	2	40.5	129.1	12.94	87.06
16	1.18	84.3	213.4	21.40	78.60
30	0.6	124.9	338.3	33.92	66.08
40	0.425	133.4	471.7	47.29	52.71
50	0.3	110.0	581.7	58.32	41.68
60	0.25	140.2	721.9	72.38	27.62
100	0.15	252.1	974.0	97.65	2.35
200	0.075	15.9	989.9	99.25	0.75
BANDEJA		7.5	997.4	100.00	
RESULTADOS					
TNM	2	Cu	3.06	Error Permitido	1.00%
D10	0.17				
D30	0.27	Cc	0.82	Error Calculado	0.26%
D60	0.52				
PORCENTAJE DE MATERIAL					
	Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)		
SUCS	0	99.25	0.75		
AASHTO	12.94	86.30	0.75		
Curva de Distribución Granulométrica					
					

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 74: Ensayo 4 Límite Líquido

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres							
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"							
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes			REVISADO POR:			Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M4							
FECHA:	21/06/2021			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
Nº MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
Nº RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	11.8	11.6	11.5	11.8	11.2	17.7	11.5	11.3
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	32.9	25.7	32.5	35.6	27.4	29.2	33	35.3
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	28.5	22.8	28.3	30.8	24.2	26.9	28.7	30.5
PESO AGUA (W_w) (gr)	4.4	2.9	4.2	4.8	3.2	2.3	4.3	4.8
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	16.7	11.2	16.8	19	13	9.2	17.2	19.2
CONTENIDO DE HUMEDAD $W\%$	26.35	25.89	25.00	25.26	24.62	25.00	25.00	25.00
PROMEDIO $W\%$	26.12		25.13		24.81		25.00	
NÚMERO DE GOLPES	6		12		24		37	
LÍMITE LÍQUIDO L.L. (%)	24.98							

L.L CASAGRANDE



$y = -0.632\ln(x) + 27.013$

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 75: Ensayo 4 Límite Plástico

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Pilla Ortgea Lenin Andres				
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUFRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes		REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M4				
FECHA:	21/06/2021		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)	6.3	6.2	6.2	10.9	10.9
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	7.4	7.1	6.7	11.5	11.6
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	7.2	6.9	6.6	11.4	11.5
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	0.9	0.7	0.4	0.5	0.6
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	22.22	28.57	25.00	20.00	16.67
PROMEDIO W%	22.49				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	24.98				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	22.49				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	2.49				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-2-4				
SUCS	SP-SM				

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 76: Ensayo 4 Densidad De Campo

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”		
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	FECHA:	26/7/2021
ID. DE MUESTRA:	M4	NORMA:	ASTM D 1556-82
REALIZADO POR:	Lenin Pilla	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
NORMA ASTM D 1556-82			
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAÍDO			
Peso suelo + recipiente (gr)	1328.00		
Peso recipiente (Funda)(gr)	4.00		
Peso del suelo (Wm) (gr)	1324.00		
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	4500.00		
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	1610.00		
Peso arena en el cono (gr)	1629.00		
Peso arena en el hueco (gr)	1261.00		
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm3)	1.582		
Volumen del hueco Vm (cm3)	797.09		
3) DETERMINACIÓN DEL $\omega\%$			
Recipiente N°	A	B	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	209.90	211.70	
Peso muestra seca + recipiente (gr)	182.60	185.30	
Peso recipiente (gr)	29.00	32.60	
Peso agua Wω (gr)	27.30	26.40	
Peso sólidos W_s (gr)	153.60	152.70	
$\omega\%$	17.77	17.29	
PROMEDIO $\omega\%$	17.53		
4) CALIBRACIÓN DEL CONO			
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)	1629.00		
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA			
Densidad sand (gr/cm3)	1.582		
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	V _v =	47.39	-
V _a =	W _a =	20.09	0.00
V _w =	W _w =	27.3	27.30
V _s =	W _s =	61.51	153.60
V _m =	W _m =	108.91	180.90
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1.66	gr/cm3	
Densidad seca (γ_d)	1.41	gr/cm3	
Contenido de humedad $\omega\%$	17.53	%	
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$	0.77	natural	
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$	43.52	%	
Grado de Saturación de agua $G_{\omega\%} = V_w / V_v * 100$	57.60	%	
Grado de Saturación de aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$	42.40	%	

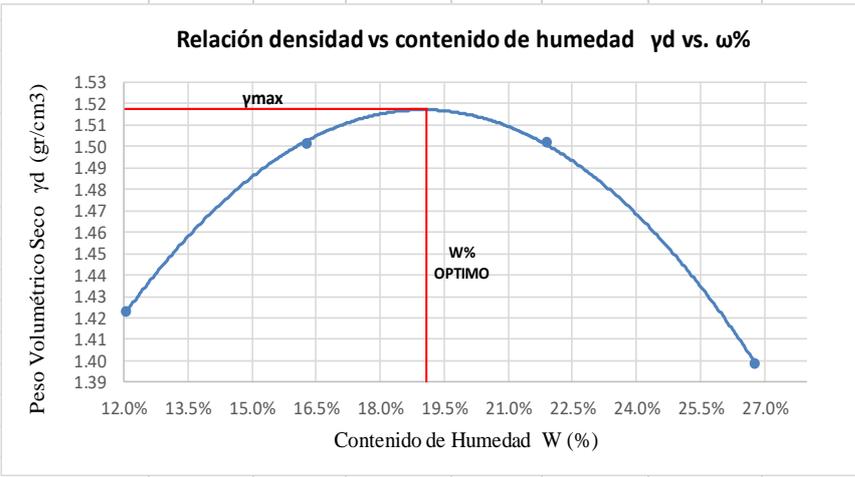
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 77: Ensayo 4 Gravedad Específica

 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:	Lenin Andres Pilla Ortega	
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”	
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	
ID. MUESTRA	M4	
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	28/6/2021	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
PESO DEL PICNÓMETRO	163.60	gr
TEMPERATURA DEL AGUA	22.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	661.70	gr
PESO DEL AGUA	498.10	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	29.40	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	691.10	gr
PESO RECIPIENTE	120.30	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	170.00	gr
PESO MUESTRA SECA	49.70	gr
Ws + Wbw	711.40	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	20.30	gr
FACTOR DE CORRECIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9978	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.50	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

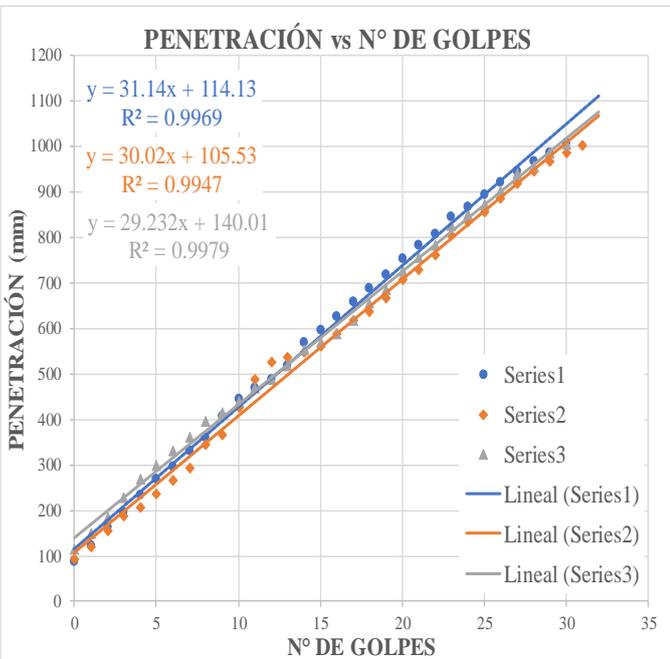
Tabla 78: Ensayo 4 Proctor Modificado Tipo B

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B"			
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres		
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"		
UBICACIÓN:	Patate Los Andes	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
ID. DE MUESTRA:	M4	NORMA:	AASHTO T- 180
FECHA:	5/07/2021		
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 ³	Diámetro:	15.16 cm
		P.martillo:	10 lb
		Vol. molde:	2292.41 cm ³
		Altura:	12.7 cm
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo número	1	2	3
Peso inicial deseado	6000	6000	6000
Humedad inicial añadida	10	15	20
P. molde + suelo húmedo	17605	17952	18147
Peso suelo húmedo	3655	4002	4197
Peso unitario húmedo γ_m	1.594	1.746	1.831
			4
			6000
			25
			18015
			4065
			1.773
2. CONTENIDO DE HUMEDAD			
# Recipiente	A	B	C
R. + Suelo húmedo	164.5	167.2	147.6
R. + Suelo seco	150.1	152.5	131.2
Peso agua	14.4	14.7	16.4
Peso recipiente	30.4	30.6	30.9
Peso suelo seco	119.7	121.9	100.3
Contenido humeda $\omega\%$	12.03%	12.06%	16.35%
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	12.04%		16.28%
Densidad seca γ_d	1.42	1.50	1.50
			21.96%
			21.85%
			26.64%
			26.93%
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 1.518 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 19,1 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>			

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 79: Ensayo 4 DCP

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03					
REALIZADO POR:		Pilla Ortega Lenin Andres			
PROYECTO:		"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"			
UBICACIÓN:		Patate - Los Andes		REVISADO POR:	
ID. DE MUESTRA:		M4		Ing. Milton Aldás	
FECHA:		26/07/2021		NORMA:	
				ASTM D 6951 03	
10					
ENSAYO DCP					
Golpes	Penetración (mm)				
	P1	P2	P3		
0	87	92	115		
1	124	119	149		
2	164	156	185		
3	196	187	229		
4	235	207	270		
5	268	236	300		
6	296	267	331		
7	330	293	362		
8	362	345	395		
9	406	367	415		
10	445	425	439		
11	468	487	468		
12	489	526	487		
13	517	538	517		
14	568	549	552		
15	596	562	568		
16	625	587	589		
17	658	617	619		
18	689	638	655		
19	719	668	685		
20	754	706	727		
21	784	729	756		
22	806	762	784		
23	845	805	825		
24	867	835	850		
25	893	856	872		
26	921	887	901		
27	945	917	940		
28	968	946	956		
29	986	968	987		
30	1007	987	1005		
31		1003			
32					



DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	31.14
2	30.02
3	29.232

Fuente: Lenin Andras Pilla Ortega

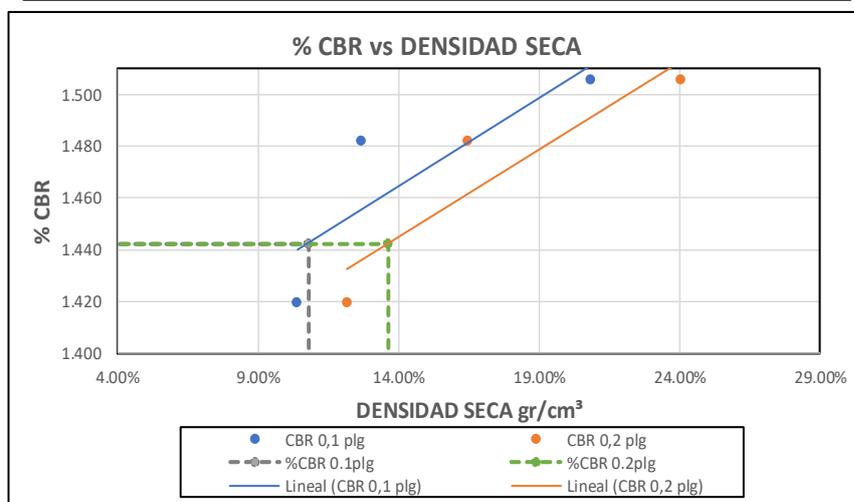
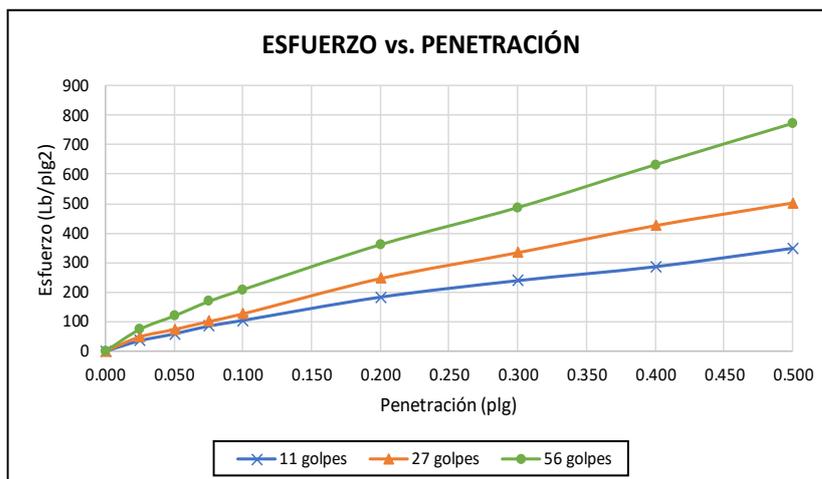
Tabla 80: Ensayo 4 CBR

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
REALIZADO POR:	Lenin Andres Pilla Ortega					
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"					
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes		REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás		
ID. DE MUESTRA:	M4		NORMA:	ASTM D-1883		
FECHA:	12/07/2021		Wópt:	19.1		
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.15	Diámetro	15.14	Diámetro	15.16
	Altura	12.72	Altura	12.77	Altura	12.92
Nº de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	12150		11095		10490	
Masa Molde (gr)	8206		6932		6254	
Masa muestra húmeda (gr)	3944		4163		4236	
Volumen muestra (cm3)	2292.92		2298.90		2332.05	
Peso unitario húmedo (gr/cm3)	1.720		1.811		1.816	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
Nº Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	30.8	31.1	30.9	30.8	30.3	31.1
Masa suelo hum+recip. (gr)	195.6	188.4	215.4	212.2	175.6	173.2
Masa suelo seco+recip. (gr)	166.8	160.9	182.9	180.3	150.8	148.8
Masa de agua (gr)	28.8	27.5	32.5	31.9	24.8	24.4
Masa suelo seco (gr)	136	129.8	152	149.5	120.5	117.7
Contenido de humedad W%	21.18%	21.19%	21.38%	21.34%	20.58%	20.73%
Promedio W%	21.18%		21.36%		20.66%	
Peso unitario seco (gr/cm3)	1.419		1.492		1.505	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	12400		11185		10547	
Masa Molde (gr)	8206		6932		6254	
Masa muestra húmeda (gr)	4194		4253		4293	
Volumen muestra (cm3)	2292.92		2298.90		2332.05	
Peso unitario húmedo (gr/cm3)	1.829		1.850		1.841	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Nº Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	30.9	30.8	31.2	31.1	30.8	30.9
Masa suelo hum+recip. (gr)	236.4	237.3	245.3	239.6	148.2	151.3
Masa suelo seco+recip. (gr)	193.8	194.2	204.9	200.2	125.8	128.4
Masa de agua (gr)	42.6	43.1	40.4	39.4	22.4	22.9
Masa suelo seco (gr)	162.9	163.4	173.7	169.1	95	97.5
Contenido de humedad W%	26.15%	26.38%	23.26%	23.30%	23.58%	23.49%
Promedio W%	26.26%		23.28%		23.53%	

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	0.00	0	0.00
0.025	105.6	35.20	146.1	48.70	222.3	74.10
0.050	174.9	58.30	220.8	73.60	358.2	119.40
0.075	254.5	84.83	302.5	100.83	504.5	168.17
0.100	311.9	103.97	380.4	126.80	625.2	208.40
0.200	547.8	182.60	740.8	246.93	1082.5	360.83
0.300	715.2	238.40	1005.1	335.03	1460.2	486.73
0.400	856.3	285.43	1280.8	426.93	1895.2	631.73
0.500	1042.9	347.63	1512.3	504.10	2315.2	771.73

N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	103.97	10.40%	1.419	182.60	12.17%	1.419
B	126.80	12.68%	1.482	246.93	16.46%	1.482
C	208.40	20.84%	1.505	360.83	24.06%	1.505

Densidad Seca Máxima	1.518					
DSM		%CBR 0.1plg	%CBR 0.2plg	%CBR MAYOR		
95%	1.44	10.80%	13.65%	13.65%		



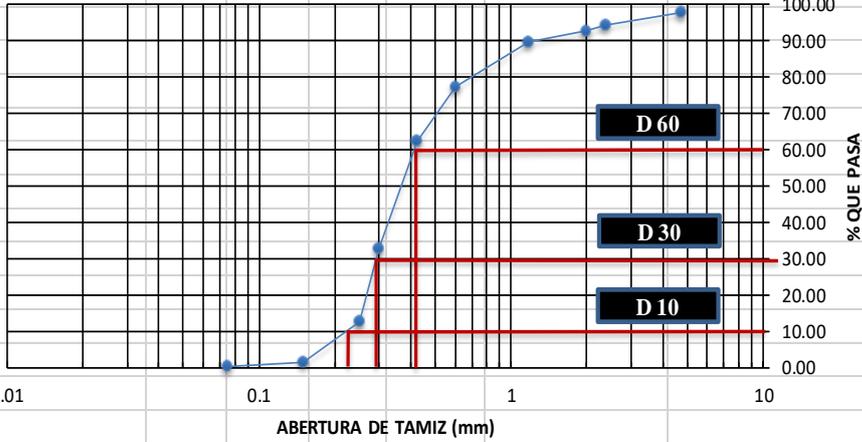
Fuente: Lenin Andras Pilla Ortega

Tabla 81: Ensayo 5 Contenido de Humedad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 				
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres			
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”			
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	25/5/2021			
ID. MUESTRA:	M5	NORMA:	AASHTO T 191 2014	
N° Recipiente		A	B	C
Peso Recipiente (gr)		33.2	33.5	32.4
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)		151.8	153.9	148.5
Peso suelo seco + recipiente (gr)		128.3	129.3	125.1
Peso de agua W_w (gr)		23.5	24.6	23.4
Peso suelo seco W_s (gr)		95.1	95.8	92.7
Contenido de humedad (W%)		24.71%	25.68%	25.24%
W Promedio (%)		25.21%		

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 82: Ensayo 5 Granulometría de Suelos Finos

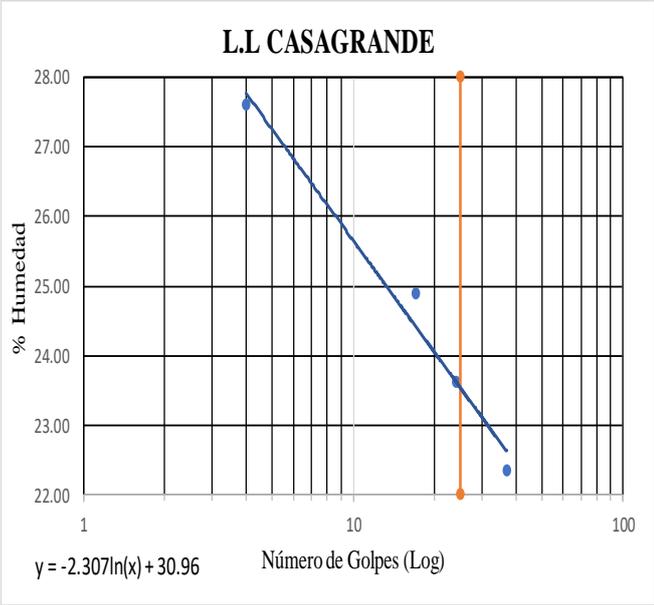
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL GRANULOMETRÍA DEL SUELO					
NORMAS:		ASTM: D421-58 D-422-63	AASHTO: 7-87-70 7-88-70		
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres				
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	ID MUESTRA:	M5		
PESO MUESTRA:	1000 gr	FECHA:	14-jun-21		
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás				
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.74	23.4	23.4	2.34	97.66
8	2.36	34.3	57.7	5.78	94.22
10	2	12.6	70.3	7.04	92.96
16	1.18	33.1	103.4	10.36	89.64
30	0.6	122.0	225.4	22.59	77.41
40	0.425	150.1	375.5	37.63	62.37
50	0.3	296.0	671.5	67.28	32.72
60	0.25	202.0	873.5	87.53	12.47
100	0.15	109.0	982.5	98.45	1.55
200	0.075	12.4	994.9	99.69	0.31
BANDEJA		3.1	998.0	100.00	
RESULTADOS					
TNM	1.18	Cu	1.78	Error Permitido	1.00%
D10	0.23				
D30	0.29				
D60	0.41	Cc	0.89	Error Calculado	0.20%
PORCENTAJE DE MATERIAL					
	Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)		
SUCS	0	99.69	0.31		
AASHTO	7.04	92.65	0.31		
Curva de Distribución Granulométrica					
					

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 83: Ensayo 5 Límite Líquido

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres							
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"							
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes			REVISADO POR:			Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M5			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
FECHA:	21/06/2021			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
Nº MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
Nº RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	11.5	11.6	11.1	11.2	11.1	11.5	11.5	11.7
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	27.1	30.6	27.4	26.5	24.1	25.2	26	27.3
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	23.8	26.4	24.1	23.5	21.6	22.6	23.4	24.4
PESO AGUA (W_w) (gr)	3.3	4.2	3.3	3	2.5	2.6	2.6	2.9
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	12.3	14.8	13	12.3	10.5	11.1	11.9	12.7
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	26.83	28.38	25.38	24.39	23.81	23.42	21.85	22.83
PROMEDIO W%	27.60		24.89		23.62		22.34	
NÚMERO DE GOLPES	4		17		24		37	
LÍMITE LÍQUIDO L.L. (%)	23.53							

L.L CASAGRANDE



$y = -2.307\ln(x) + 30.96$

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 84: Ensayo 5 Límite Plástico

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres				
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes		REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M5				
FECHA:	21/06/2021		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)	10.7	6.2	6.3	7.4	6.3
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	11.4	7.9	7.7	8.6	7.2
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	11.3	7.6	7.5	8.4	7
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	0.6	1.4	1.2	1	0.7
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	16.67	21.43	16.67	20.00	28.57
PROMEDIO W%	20.67				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	23.53				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	20.67				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	2.87				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-2-4				
SUCS	SM				

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 85: Ensayo 5 Densidad de Campo

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”		
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	FECHA:	26/7/2021
ID. DE MUESTRA:	M5	NORMA:	ASTM D 1556-82
REALIZADO POR:	Lenin Pilla	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
NORMA ASTM D 1556-82			
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAÍDO			
Peso suelo + recipiente (gr)	1185.00		
Peso recipiente (Funda)(gr)	4.00		
Peso del suelo (Wm) (gr)	1181.00		
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	4490.00		
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	1670.00		
Peso arena en el cono (gr)	1629.00		
Peso arena en el hueco (gr)	1191.00		
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm ³)	1.582		
Volumen del hueco Vm (cm ³)	752.84		
3) DETERMINACIÓN DEL $\omega\%$			
Recipiente N°	A	B	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	212.20	203.70	
Peso muestra seca + recipiente (gr)	179.60	172.20	
Peso recipiente (gr)	32.50	30.70	
Peso agua Wω (gr)	32.60	31.50	
Peso sólidos W_s (gr)	147.10	141.50	
$\omega\%$	22.16	22.26	
PROMEDIO $\omega\%$	22.21		
4) CALIBRACIÓN DEL CONO			
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)	1629.00		
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA			
Densidad sand (gr/cm ³)	1.582		
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
Volumen de vacíos		Vv=	49.46
Va=		Wa=	16.86
Vw=		Ww=	32.6
Vs=		Ws=	65.09
Vm=		Wm=	114.55
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1.57	gr/cm ³	
Densidad seca (γ_d)	1.28	gr/cm ³	
Contenido de humedad $\omega\%$	22.21	%	
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$	0.76	natural	
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$	43.18	%	
Grado de Saturación de agua $G_{\omega\%} = V_w / V_v * 100$	65.91	%	
Grado de Saturación de aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$	34.09	%	

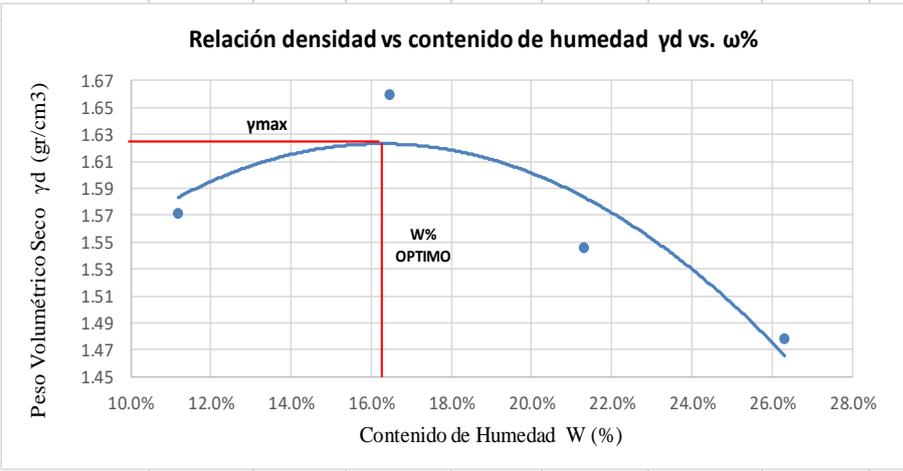
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 86: Ensayo 5 Gravedad Específica

 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:	Lenin Andres Pilla Ortega	
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”	
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	
ID. MUESTRA	M5	
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	28/6/2021	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
PESO DEL PICNÓMETRO	145.30	gr
TEMPERATURA DEL AGUA	23.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	644.30	gr
PESO DEL AGUA	499.00	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	27.10	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	671.40	gr
PESO RECIPIENTE	256.30	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	305.70	gr
PESO MUESTRA SECA	49.40	gr
Ws + Wbw	693.70	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	22.30	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9976	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.26	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 87: Ensayo 5 Proctor Modificado Tipo B

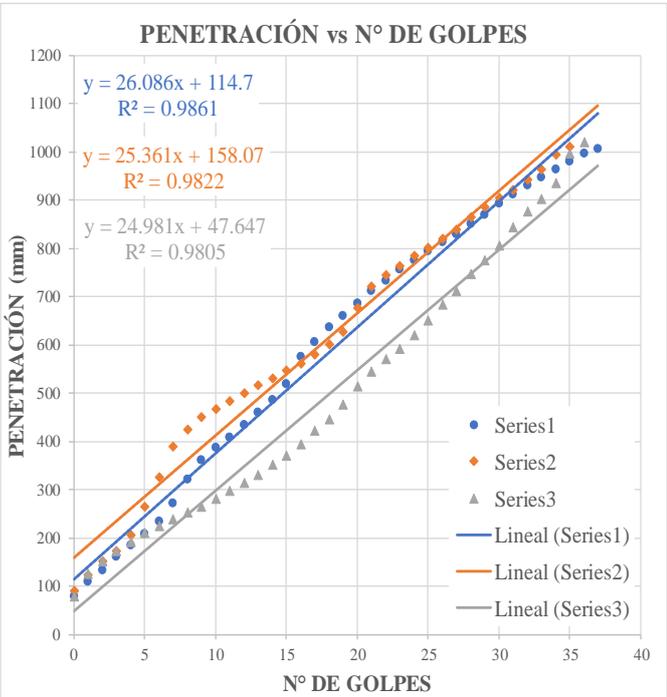
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B"			
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres		
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"		
UBICACIÓN:	Patate Los Andes	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
ID. DE MUESTRA:	M1	NORMA:	AASHTO T- 180
FECHA:	5/07/2021		
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 ³	Diámetro:	15.16 cm
		P.martillo:	10 lb
		Vol. molde:	2292.41 cm ³
		Altura:	12.7 cm
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo número	1	2	3
Peso inicial deseado	6000	6000	6000
Humedad inicial añadida	10	15	20
P. molde + suelo húmedo	17956	18380	18250
Peso suelo húmedo	4006	4430	4300
Peso unitario húmedo γ_m	1.748	1.932	1.876
			4
			6000
			25
			18230
			4280
			1.867
2. CONTENIDO DE HUMEDAD			
# Recipiente	A	B	C
R. + Suelo húmedo	152.3	151.3	174.5
R. + Suelo seco	140.3	139.0	154.2
Peso agua	12	12.3	20.3
Peso recipiente	30.9	31.0	30.8
Peso suelo seco	109.4	108	123.4
Contenido humeda $\omega\%$	10.97%	11.39%	16.45%
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	11.18%		16.46%
Densidad seca γ_d	1.57	1.66	21.36%
			21.26%
			26.38%
			26.28%
			21.31%
			26.33%
			1.48
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 1.625 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 16,3 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>			

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 88: Ensayo 5 DCP

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03		
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres	
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"	
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	REVISADO POR: Ing. Milton Aldás
ID. DE MUESTRA:	M5	
FECHA:	26/07/2021	NORMA: ASTM D 6951 03

10			
ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	P1	P2	P3
0	80	90	80
1	110	124	125
2	133	152	152
3	162	173	173
4	185	206	193
5	209	264	211
6	234	326	226
7	272	390	240
8	321	425	253
9	361	451	266
10	388	467	281
11	409	484	297
12	435	501	315
13	460	516	332
14	486	532	352
15	520	547	371
16	575	562	395
17	607	580	422
18	636	601	446
19	661	627	476
20	686	676	515
21	713	722	544
22	734	745	570
23	756	765	593
24	776	785	620
25	794	802	650
26	813	820	683
27	830	840	713
28	850	866	747
29	869	887	775
30	893	905	807
31	913	922	845
32	930	943	877
33	948	965	902
34	965	995	936
35	980	1012	997
36	997		1020
37	1006		



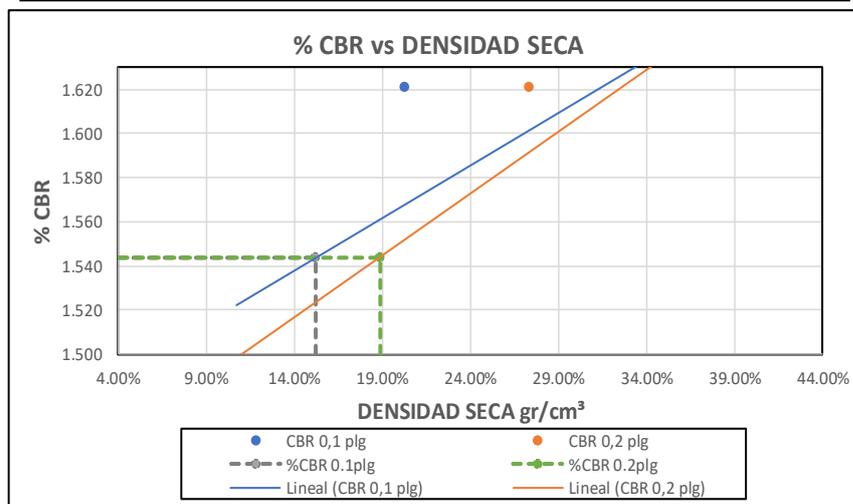
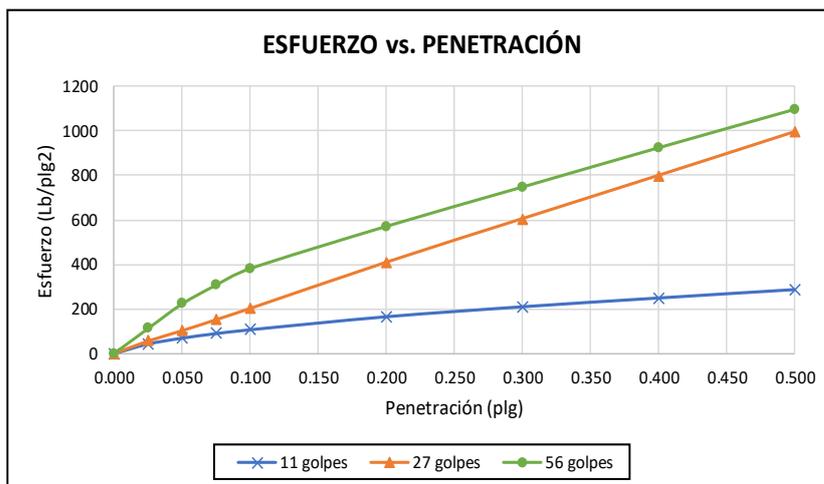
DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	25.48
2	
3	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 89: Ensayo 5 CBR

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
REALIZADO POR:	Lenin Andres Pilla Ortega					
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"					
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes			REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M5			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	12/07/2021			Wópt:	16.3	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.11	Diámetro	15.15	Diámetro	15.18
	Altura	12.67	Altura	12.77	Altura	12.79
N° de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	12163		10213		11472	
Masa Molde (gr)	8206		5828		7018	
Masa muestra húmeda (gr)	3957		4385		4454	
Volumen muestra (cm ³)	2271.87		2301.94		2314.68	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.742		1.905		1.924	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	30.2	31.6	31.8	34.4	30.8	30.9
Masa suelo hum+recip. (gr)	204.4	230.4	229.6	241.3	166.9	154.3
Masa suelo seco+recip. (gr)	179	201.4	200.4	210.2	146.3	135.8
Masa de agua (gr)	25.4	29	29.2	31.1	20.6	18.5
Masa suelo seco (gr)	148.8	169.8	168.6	175.8	115.5	104.9
Contenido de humedad W%	17.07%	17.08%	17.32%	17.69%	17.84%	17.64%
Promedio W%	17.07%		17.50%		17.74%	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.488		1.621		1.634	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	12415		10323		11519	
Masa Molde (gr)	8206		5828		7018	
Masa muestra húmeda (gr)	4209		4495		4501	
Volumen muestra (cm ³)	2271.87		2301.94		2314.68	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.853		1.953		1.945	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	31.8	30.2	32.5	31.1	30.3	31.2
Masa suelo hum+recip. (gr)	248.6	253.6	279.4	242.6	247.1	261
Masa suelo seco+recip. (gr)	206.9	209.4	236.5	208.6	210	224.8
Masa de agua (gr)	41.7	44.2	42.9	34	37.1	36.2
Masa suelo seco (gr)	175.1	179.2	204	177.5	179.7	193.6
Contenido de humedad W%	23.81%	24.67%	21.03%	19.15%	20.65%	18.70%
Promedio W%	24.24%		20.09%		19.67%	

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	0.00	0	0.00
0.025	128.8	42.93	169.2	56.40	336.4	112.13
0.050	208.2	69.40	308.8	102.93	668.9	222.97
0.075	269.3	89.77	456.8	152.27	923.5	307.83
0.100	320.8	106.93	608.3	202.77	1146.3	382.10
0.200	495.2	165.07	1230.3	410.10	1716.2	572.07
0.300	629	209.67	1816.6	605.53	2246.9	748.97
0.400	746.4	248.80	2398.4	799.47	2776.3	925.43
0.500	858.8	286.27	2986.2	995.40	3293.8	1097.93
.						
N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	106.93	10.69%	1.488	165.07	11.00%	1.488
B	202.77	20.28%	1.621	410.10	27.34%	1.621
C	382.10	38.21%	1.634	572.07	38.14%	1.634
Densidad Seca Máxima			1.625			
DSM		%CBR 0.1plg		%CBR 0.2plg		%CBR MAYOR
95%		1.54		15.20%		18.90%



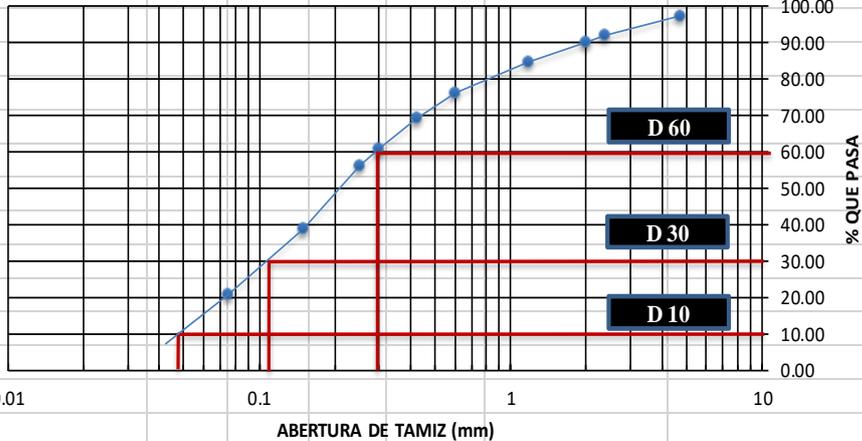
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 90: Ensayo 6 Contenido de Humedad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 			
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres		
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"		
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
FECHA:	25/5/2021		
ID. MUESTRA:	M6	NORMA:	AASHTO T 191 2014
N° Recipiente	A	B	C
Peso Recipiente (gr)	31.0	30.7	30.8
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)	116.1	109.9	106.6
Peso suelo seco + recipiente (gr)	98.4	93.3	90.6
Peso de agua W_w (gr)	17.7	16.6	16.0
Peso suelo seco W_s (gr)	67.4	62.6	59.8
Contenido de humedad (W%)	26.26%	26.52%	26.76%
W Promedio (%)	26.51%		

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 91: Ensayo 6 Granulometría de Suelos Finos

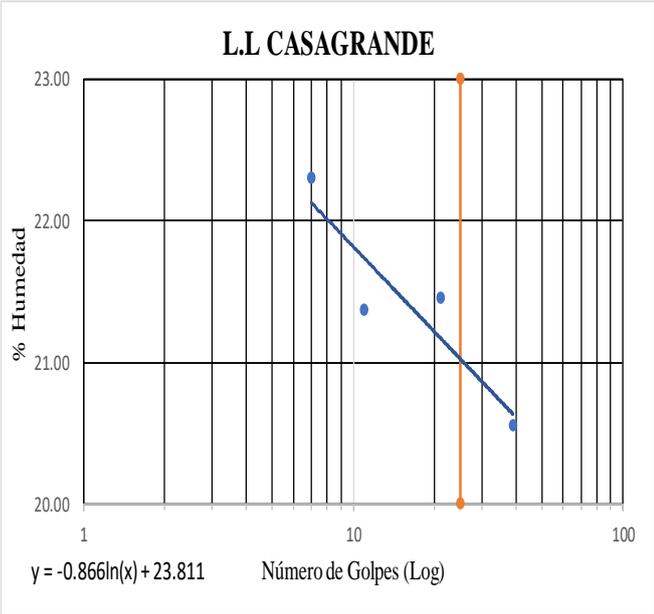
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL GRANULOMETRÍA DEL SUELO					
NORMAS:		ASTM: D421-58 D-422-63	AASHTO: 7-87-70 7-88-70		
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres				
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	ID MUESTRA:	M6	REVISADO POR:	
PESO MUESTRA:	1000 gr	FECHA:	14-jun-21	Ing. Milton Aldás	
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.74	25.2	25.2	2.53	97.47
8	2.36	54.9	80.1	8.03	91.97
10	2	17.8	97.9	9.81	90.19
16	1.18	53.8	151.7	15.20	84.80
30	0.6	87.2	238.9	23.94	76.06
40	0.425	69.2	308.1	30.87	69.13
50	0.3	82.4	390.5	39.13	60.87
60	0.25	47.0	437.5	43.84	56.16
100	0.15	174.6	612.1	61.33	38.67
200	0.075	181.3	793.4	79.50	20.50
BANDEJA		204.6	998.0	100.00	
RESULTADOS					
TNM	1.18	Cu	6.04	Error Permitido	1.00%
D10	0.048				
D30	0.12	Cc	1.03	Error Calculado	0.20%
D60	0.29				
PORCENTAJE DE MATERIAL					
	Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)		
SUCS	0	79.50	20.50		
AASHTO	9.81	69.69	20.50		
Curva de Distribución Granulométrica					
 <p>The graph plots the percentage of material 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 material passing, ranging from 0.00 to 100.00. A smooth curve is drawn through the data points. Three specific points are highlighted with red vertical lines and labeled: D10 at approximately 0.075 mm (20.50% passing), D30 at 0.15 mm (38.67% passing), and D60 at 0.25 mm (43.84% passing).</p>					

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 92: Ensayo 6 Límite Líquido

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres							
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"							
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes			REVISADO POR:			Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M6			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
FECHA:	21/06/2021			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
Nº MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
Nº RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	10.8	11.4	11.6	11.3	11.4	11	12.1	17.6
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	30.2	30.5	26.4	24.9	33.3	34.4	30	34.9
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	27	26.7	23.8	22.5	29.4	30.3	27	31.9
PESO AGUA (W_w) (gr)	3.2	3.8	2.6	2.4	3.9	4.1	3	3
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	16.2	15.3	12.2	11.2	18	19.3	14.9	14.3
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	19.75	24.84	21.31	21.43	21.67	21.24	20.13	20.98
PROMEDIO W%	22.29		21.37		21.46		20.56	
NÚMERO DE GOLPES	7		11		21		39	
LÍMITE LÍQUIDO L.L. (%)	21.02							

L.L CASAGRANDE



$y = -0.866\ln(x) + 23.811$ Número de Golpes (Log)

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 93: Ensayo 6 Límite Plástico

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres				
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	REVISADO POR:		Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M6	NORMA:		AASHTO: T- 90-70	
FECHA:	21/06/2021	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)	10.8	6.2	10.6	6.2	7.4
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	11.9	7.2	11.7	7.2	8.3
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	11.7	7.1	11.5	7.1	8.1
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	22.22	11.11	22.22	11.11	28.57
PROMEDIO W%	19.05				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	21.02				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	19.05				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	1.98				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-2-4				
SUCS	SW-SC				

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 94: Ensayo 6 Densidad de Campo

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PROYECTO:		“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”			
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	FECHA:	26/7/2021		
ID. DE MUESTRA:	M6	NORMA:	ASTM D 1556-82		
REALIZADO POR:	Lenin Pilla	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás		
NORMA ASTM D 1556-82					
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAÍDO					
Peso suelo + recipiente (gr)		1295.00			
Peso recipiente (Funda)(gr)		4.00			
Peso del suelo (Wm) (gr)		1291.00			
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO					
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)		4490.00			
Lectura final frasco + cono + arena (gr)		1545.00			
Peso arena en el cono (gr)		1629.00			
Peso arena en el hueco (gr)		1316.00			
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm3)		1.582			
Volumen del hueco Vm (cm3)		831.86			
3) DETERMINACIÓN DEL $\omega\%$					
Recipiente N°		A		B	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		185.20		181.70	
Peso muestra seca + recipiente (gr)		150.70		147.80	
Peso recipiente (gr)		33.60		32.30	
Peso agua Wω (gr)		34.50		33.90	
Peso sólidos W_s (gr)		117.10		115.50	
$\omega\%$		29.46		29.35	
PROMEDIO $\omega\%$		29.41			
4) CALIBRACIÓN DEL CONO					
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)		1629.00			
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA					
Densidad sand (gr/cm3)		1.582			
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
		Volúmenes		Pesos	
Volumen de vacíos		V _v =	50.60	-	
V _a =		W _a =	16.10	0.00	
V _w =		W _w =	34.5	34.50	
V _s =		W _s =	47.08	117.10	
V _m =		W _m =	97.68	151.60	
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)		1.55		gr/cm3	
Densidad seca (γ_d)		1.20		gr/cm3	
Contenido de humedad $\omega\%$		29.41		%	
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$		1.07		natural	
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$		51.80		%	
Grado de Saturación de agua $G\omega\% = V_w / V_v * 100$		68.18		%	
Grado de Saturación de aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$		31.82		%	

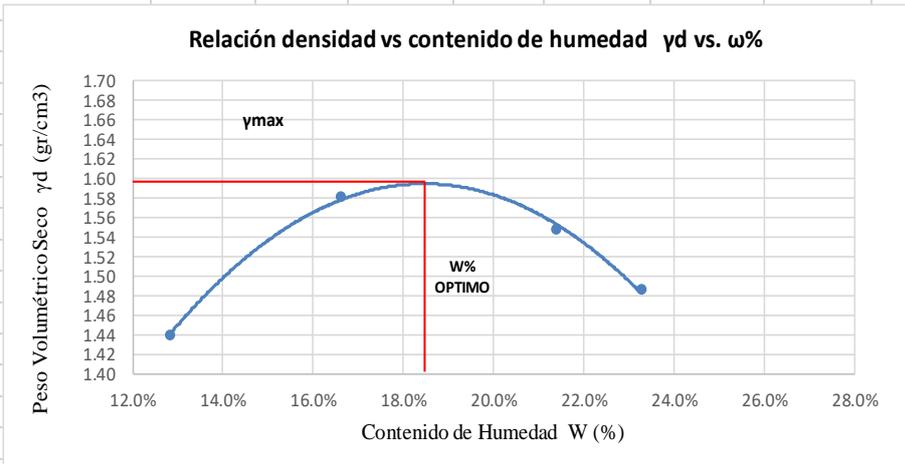
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 95: Ensayo 6 Gravedad Específica

 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:	Lenin Andres Pilla Ortega	
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”	
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes	
ID. MUESTRA	M6	
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	28/6/2021	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
PESO DEL PICNÓMETRO	152.30	gr
TEMPERATURA DEL AGUA	22.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	651.30	gr
PESO DEL AGUA	499.00	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	28.60	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	679.90	gr
PESO RECIPIENTE	105.80	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	154.30	gr
PESO MUESTRA SECA	48.50	gr
Ws + Wbw	699.80	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	19.90	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9978	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.49	

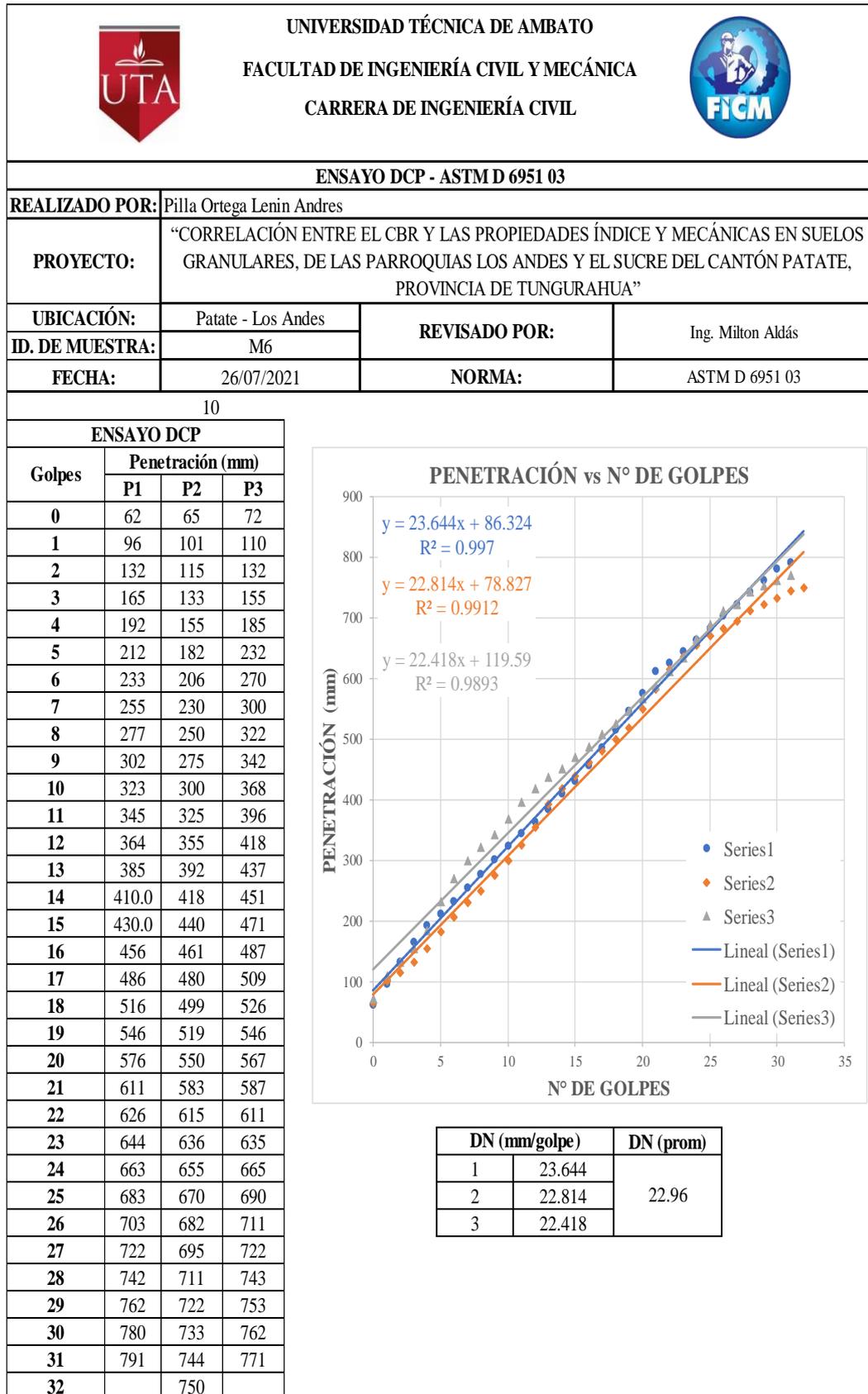
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 96: Ensayo 6 Proctor Modificado Tipo B

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B" 	
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”
UBICACIÓN:	Patate Los Andes
ID. DE MUESTRA:	M6
FECHA:	5/07/2021
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
NORMA:	AASHTO T- 180
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO	
Nº de Golpes:	56
Nº capas:	5
P. martillo:	10 lb
Altura de caída:	18' o 1.5ft
P. molde:	13950 gr
Vol. molde:	2292.41 cm3
Energía de compactación:	55986 lb/ft3
Diámetro:	15.16 cm
Altura:	12.7 cm
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN	
Ensayo número	1 2 3 4
Peso inicial deseado	6000 6000 6000 6000
Humedad inicial añadida	10 15 20 25
P. molde + suelo húmedo	17676 18180 18257 18150
Peso suelo húmedo	3726 4230 4307 4200
Peso unitario húmedo γ_m	1.625 1.845 1.879 1.832
2. CONTENIDO DE HUMEDAD	
# Recipiente	A B C D E F G H
R. + Suelo húmedo	154.2 153.1 176.3 163.8 182.6 186.1 267.6 256.3
R. + Suelo seco	139.9 139.5 155.8 144.8 155.8 158.8 222.4 214.2
Peso agua	14.3 13.6 20.5 19 26.8 27.3 45.2 42.1
Peso recipiente	31.1 31.0 32.1 30.9 30.9 30.8 30.5 31.2
Peso suelo seco	108.8 108.5 123.7 113.9 124.9 128 191.9 183
Contenido humedad $\omega\%$	13.14% 12.53% 16.57% 16.68% 21.46% 21.33% 23.55% 23.01%
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	12.84% 16.63% 21.39% 23.28%
Densidad seca γ_d	1.44 1.58 1.55 1.49
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 1.599 gr/cm3, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 18.0 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 97: Ensayo 6 DCP



Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

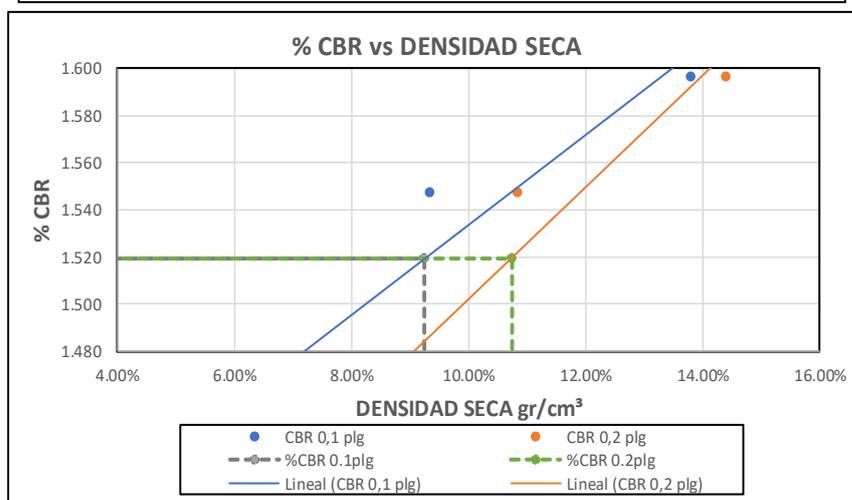
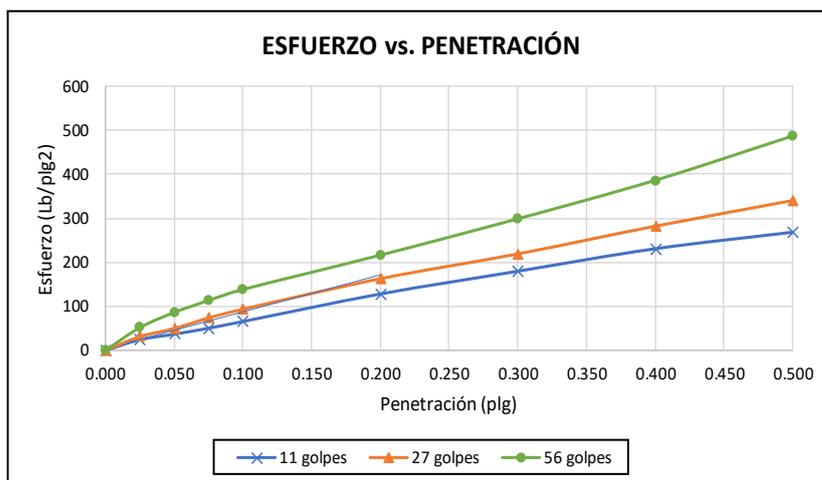
Tabla 98: Ensayo 6 CBR

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
REALIZADO POR:	Lenin Andres Pilla Ortega					
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"					
UBICACIÓN:	Patate - Los Andes			REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M6			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	12/07/2021			Wópt:	18.0	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.15	Diámetro	15.18	Diámetro	15.11
	Altura	12.77	Altura	12.79	Altura	12.67
N° de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	9796		11286		12536	
Masa Molde (gr)	5828		7018		8206	
Masa muestra húmeda (gr)	3968		4268		4330	
Volumen muestra (cm ³)	2301.94		2314.68		2271.87	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.724		1.844		1.906	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	30.8	31.1	31.1	30.9	30.9	30.8
Masa suelo hum+recip. (gr)	236.2	229.8	154.9	152.6	245.2	242.3
Masa suelo seco+recip. (gr)	203.8	198.4	135.1	132.9	210.5	207.8
Masa de agua (gr)	32.4	31.4	19.8	19.7	34.7	34.5
Masa suelo seco (gr)	173	167.3	104	102	179.6	177
Contenido de humedad W%	18.73%	18.77%	19.04%	19.31%	19.32%	19.49%
Promedio W%	18.75%		19.18%		19.41%	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.452		1.547		1.596	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10048		11496		12583	
Masa Molde (gr)	5828		7018		8206	
Masa muestra húmeda (gr)	4220		4478		4377	
Volumen muestra (cm ³)	2301.94		2314.68		2271.87	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.833		1.935		1.927	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	30.9	30.8	31.1	31.1	30.2	30.8
Masa suelo hum+recip. (gr)	243.2	239.6	256.2	269.3	251.6	257.5
Masa suelo seco+recip. (gr)	198.6	197.5	216.8	225.8	213.8	216.5
Masa de agua (gr)	44.6	42.1	39.4	43.5	37.8	41
Masa suelo seco (gr)	167.7	166.7	185.7	194.7	183.6	185.7
Contenido de humedad W%	26.60%	25.25%	21.22%	22.34%	20.59%	22.08%
Promedio W%	25.93%		21.78%		21.33%	

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	0.00	0	0.00
0.025	72.4	24.13	93.2	31.07	154.6	51.53
0.050	109.7	36.57	148.6	49.53	257.8	85.93
0.075	150.2	50.07	220.4	73.47	339.3	113.10
0.100	195.9	65.30	280.4	93.47	414.2	138.07
0.200	382.9	127.63	488.1	162.70	648.2	216.07
0.300	537.5	179.17	656.9	218.97	895.3	298.43
0.400	690	230.00	845.4	281.80	1157.3	385.77
0.500	802.4	267.47	1020.3	340.10	1458.8	486.27

N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	65.30	6.53%	1.452	127.63	8.51%	1.452
B	93.47	9.35%	1.547	162.70	10.85%	1.547
C	138.07	13.81%	1.596	216.07	14.40%	1.596

Densidad Seca Máxima	1.599				
DSM		%CBR 0.1plg	%CBR 0.2plg	%CBR MAYOR	
95%	1.52	9.250%	10.750%	10.750%	



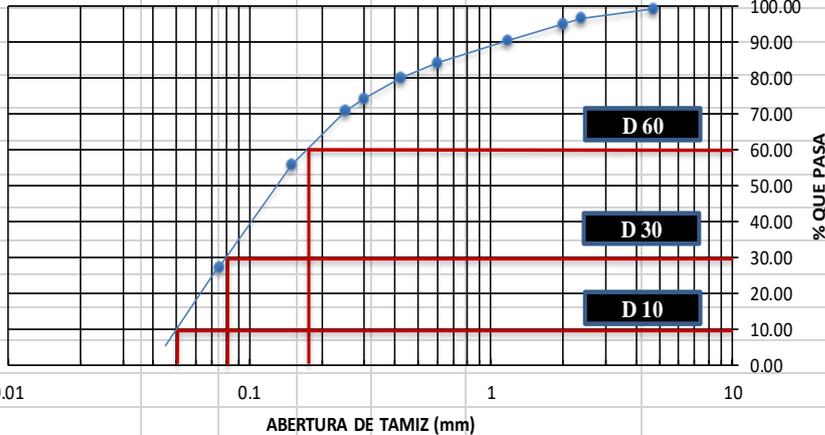
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 99: Ensayo 7 Contenido de Humedad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 			
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres		
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"		
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
FECHA:	25/5/2021		
ID. MUESTRA:	M7	NORMA:	AASHTO T 191 2014
Nº Recipiente	A	B	C
Peso Recipiente (gr)	34.4	32.5	32.3
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)	168.3	161.3	156.2
Peso suelo seco + recipiente (gr)	143.4	137.2	133.4
Peso de agua W_w (gr)	24.9	24.1	22.8
Peso suelo seco W_s (gr)	109	104.7	101.1
Contenido de humedad (W%)	22.84%	23.02%	22.55%
W Promedio (%)	22.80%		

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 100: Ensayo 7 Granulometría de Suelo Fino

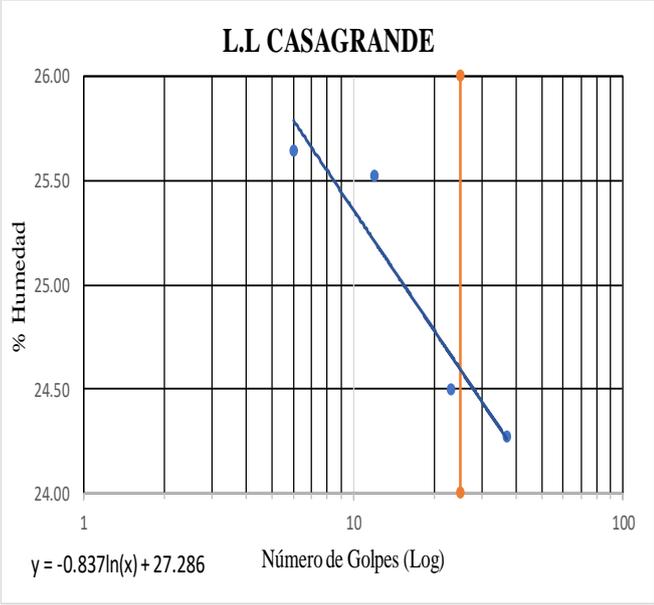
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL GRANULOMETRÍA DEL SUELO					
NORMAS: ASTM: D421-58 D-422-63 AASHTO: 7-87-70 7-88-70					
REALIZADO POR:		Pilla Ortega Lenin Andres			
PROYECTO:		"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"			
UBICACIÓN:		Patate - El Sucre	ID MUESTRA:	M7	REVISADO POR:
PESO MUESTRA:		1000 gr	FECHA:	14-jun-21	Ing. Milton Aldás
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.74	6.8	6.8	0.68	99.32
8	2.36	27.2	34.0	3.40	96.60
10	2	15.4	49.4	4.94	95.06
16	1.18	44.1	93.5	9.35	90.65
30	0.6	61.6	155.1	15.51	84.49
40	0.425	45.7	200.8	20.08	79.92
50	0.3	56.7	257.5	25.75	74.25
60	0.25	32.6	290.1	29.01	70.99
100	0.15	151.6	441.7	44.17	55.83
200	0.075	284.1	725.8	72.59	27.41
BANDEJA		274.1	999.9	100.00	
RESULTADOS					
TNM	0.6	Cu	3.60	Error Permitido	1.00%
D10	0.05				
D30	0.08	Cc	0.71	Error Calculado	0.01%
D60	0.18				
PORCENTAJE DE MATERIAL					
		Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)	
SUCS		0	72.59	27.41	
AASHTO		4.94	67.65	27.41	
Curva de Distribución Granulométrica					
					

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 101: Ensayo 7 Límite Líquido

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres							
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"							
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre			REVISADO POR:			Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M7			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
FECHA:	21/06/2021			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
Nº MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
Nº RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H
PESO DEL RECIPIENTE W _r (gr)	10.9	11.1	11.2	11.3	11.2	11.4	11.6	11.7
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W _m +W _r)(gr)	33.3	32.8	32.7	32.1	33.3	25.8	28.1	29.5
PESO SECO + RECIPIENTE (W _s +W _r) (gr)	28.7	28.4	28.3	27.9	28.9	23	24.9	26
PESO AGUA (W _w) (gr)	4.6	4.4	4.4	4.2	4.4	2.8	3.2	3.5
PESO DE LA MUESTRA SECA (W _s)	17.8	17.3	17.1	16.6	17.7	11.6	13.3	14.3
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	25.84	25.43	25.73	25.30	24.86	24.14	24.06	24.48
PROMEDIO W%	25.64		25.52		24.50		24.27	
NÚMERO DE GOLPES	6		12		23		37	
LÍMITE LÍQUIDO L.L. (%)	24.59							

L.L CASAGRANDE



$y = -0.837\ln(x) + 27.286$

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 102: Ensayo 7 Límite Plástico

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres				
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”				
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	REVISADO POR:		Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M7	NORMA:		AASHTO: T- 90-70	
FECHA:	21/06/2021	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)	10.8	6.1	15.3	7.5	6.1
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	11.9	7.3	16.2	8.7	7.3
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	11.7	7.1	16	8.5	7.1
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	0.9	1	0.7	1	1
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	22.22	20.00	28.57	20.00	20.00
PROMEDIO W%	22.16				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	24.59				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	22.16				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	2.43				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-4				
SUCS	SC				

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 103: Ensayo 7 Densidad de Campo

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”		
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	FECHA:	26/7/2021
ID. DE MUESTRA:	M7	NORMA:	ASTM D 1556-82
REALIZADO POR:	Lenin Pilla	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
NORMA ASTM D 1556-82			
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAÍDO			
Peso suelo + recipiente (gr)	1498.00		
Peso recipiente (Funda)(gr)	4.00		
Peso del suelo (Wm) (gr)	1494.00		
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	5000.00		
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	1975.00		
Peso arena en el cono (gr)	1629.00		
Peso arena en el hueco (gr)	1396.00		
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm ³)	1.582		
Volumen del hueco Vm (cm ³)	882.43		
3) DETERMINACIÓN DEL $\omega\%$			
Recipiente N°	A	B	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	197.20	196.20	
Peso muestra seca + recipiente (gr)	168.40	166.10	
Peso recipiente (gr)	32.50	30.80	
Peso agua Wω (gr)	28.80	30.10	
Peso sólidos W_s (gr)	135.90	135.30	
$\omega\%$	21.19	22.25	
PROMEDIO $\omega\%$	21.72		
4) CALIBRACIÓN DEL CONO			
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)	1629.00		
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA			
Densidad sand (gr/cm ³)	1.582		
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
Volumen de vacíos		Volúmenes	Pesos
V _v =	42.21	-	
V _a =	13.41	0.00	
V _w =	28.8	28.80	
V _s =	55.06	135.90	
V _m =	97.28	164.70	
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1.69	gr/cm ³	
Densidad seca (γ_d)	1.39	gr/cm ³	
Contenido de humedad $\omega\%$	21.72	%	
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$	0.77	natural	
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$	43.40	%	
Grado de Saturación de agua $G_{\omega}\% = V_w / V_v * 100$	68.22	%	
Grado de Saturación de aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$	31.78	%	

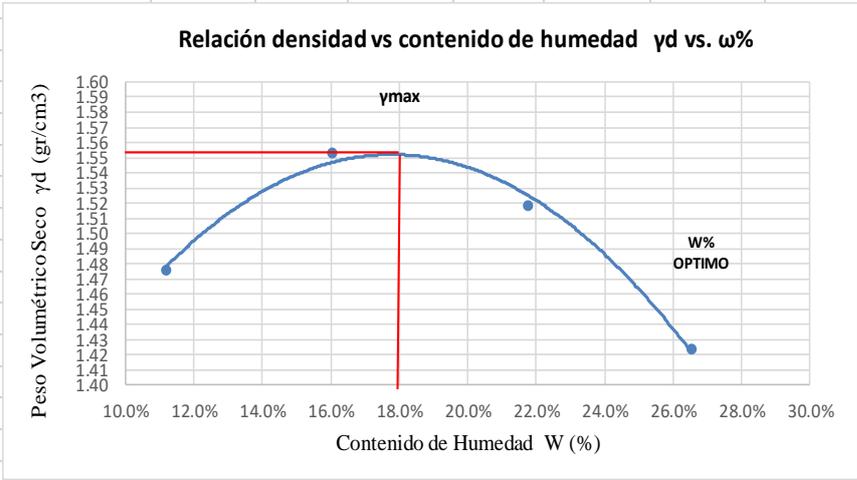
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 104: Ensayo 7 Gravedad Específica

 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:	Lenin Andres Pilla Ortega	
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”	
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	
ID. MUESTRA	M7	
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	28/6/2021	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
PESO DEL PICNÓMETRO	163.60	gr
TEMPERATURA DEL AGUA	21.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	662.60	gr
PESO DEL AGUA	499.00	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	28.80	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	691.40	gr
PESO RECIPIENTE	169.40	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	218.50	gr
PESO MUESTRA SECA	49.10	gr
Ws + Wbw	711.70	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	20.30	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9980	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.47	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

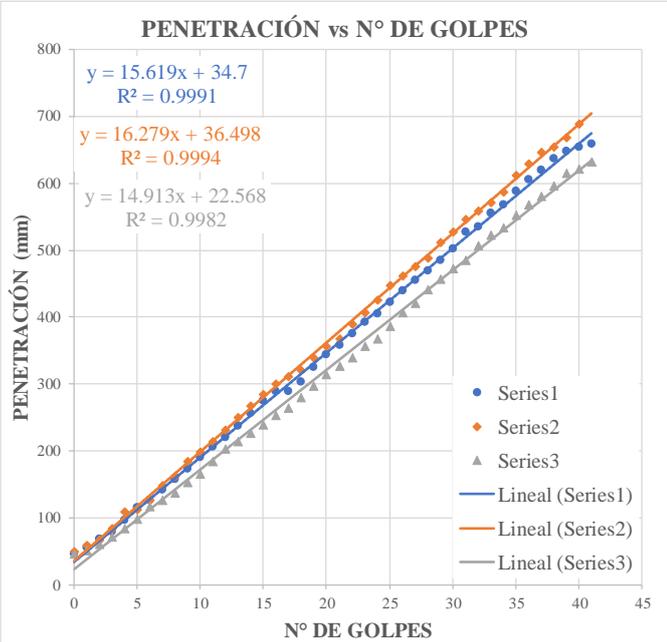
Tabla 105: Ensayo 7 Proctor Modificado Tipo B

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B" 								
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres							
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”							
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre							
ID. DE MUESTRA:	M7							
FECHA:	5/07/2021							
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás							
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:	13950 gr							
Vol. molde:	2292.41 cm ³							
Energía de compactación:	55986 lb/ft ³							
Diámetro:	15.16 cm							
Altura:	12.7 cm							
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo número	1							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	10							
P. molde + suelo húmedo	17713							
Peso suelo húmedo	3763							
Peso unitario húmedo γ_m	1.642							
Ensayo número	2							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	15							
P. molde + suelo húmedo	18083							
Peso suelo húmedo	4133							
Peso unitario húmedo γ_m	1.803							
Ensayo número	3							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	20							
P. molde + suelo húmedo	18189							
Peso suelo húmedo	4239							
Peso unitario húmedo γ_m	1.849							
Ensayo número	4							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	25							
P. molde + suelo húmedo	18081							
Peso suelo húmedo	4131							
Peso unitario húmedo γ_m	1.802							
2. CONTENIDO DE HUMEDAD								
# Recipiente	A	B	C	D	E	F	G	H
R. + Suelo húmedo	140.3	152.9	147.8	142.5	172.8	166.5	185.2	166.9
R. + Suelo seco	129.6	140.3	131.7	126.9	147.2	142.5	152.7	138.5
Peso agua	10.7	12.6	16.1	15.6	25.6	24	32.5	28.4
Peso recipiente	31.4	30.8	30.9	30.3	31.0	31.0	30.9	30.9
Peso suelo seco	98.2	109.5	100.8	96.6	116.2	111.5	121.8	107.6
Contenido humedad $\omega\%$	10.90%	11.51%	15.97%	16.15%	22.03%	21.52%	26.68%	26.39%
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	11.20%		16.06%		21.78%		26.54%	
Densidad seca γ_d	1.48		1.55		1.52		1.42	
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 1.552 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 18.0 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.								

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 106: Ensayo 7 DCP

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03			
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres		
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"		
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
ID. DE MUESTRA:	M7	NORMA:	ASTM D 6951 03
FECHA:	26/07/2021		
10			
ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	P1	P2	P3
0	47	50	46
1	56	59	52
2	68	67	61
3	79	85	72
4	97	109	85
5	115	113	99
6	127	126	118
7	142	149	126
8	158	163	138
9	173	184	154
10	191	199	166
11	206	215	185
12	220	232	203
13	237	250	214
14	256	268	227
15	275	285	239
16	289	301	254
17	290	312	265
18	304	321	280
19	325	339	297
20	345	356	315
21	358	368	327
22	375	389	340
23	392	407	357
24	406	425	368
25	423	448	386
26	440	461	407
27	456	475	421
28	469	489	442
29	485	511	457
30	503	527	472
31	527	546	485
32	535	559	507
33	556	572	523
34	568	587	534
35	589	612	552
36	605	629	568
37	620	646	581
38	637	654	596
39	648	668	615
40	654	689	622
41	659		632



DN (mm/golpe)		DN (prom)
1	15.619	15.60
2	16.279	
3	14.913	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

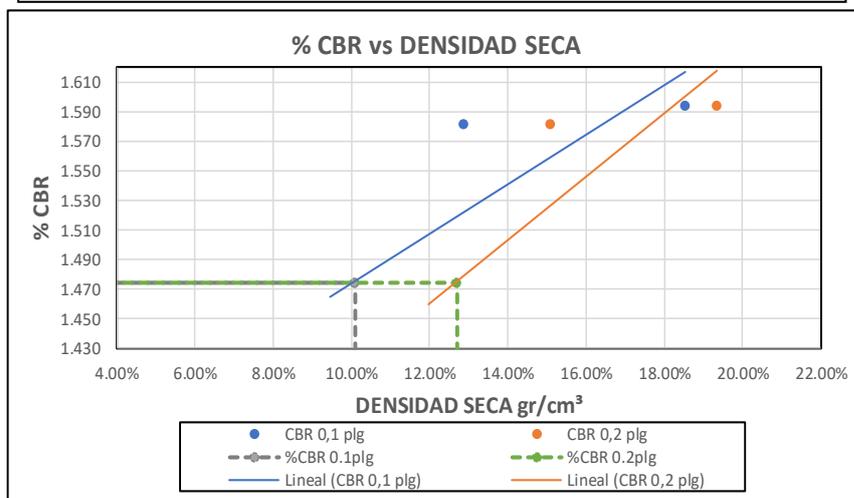
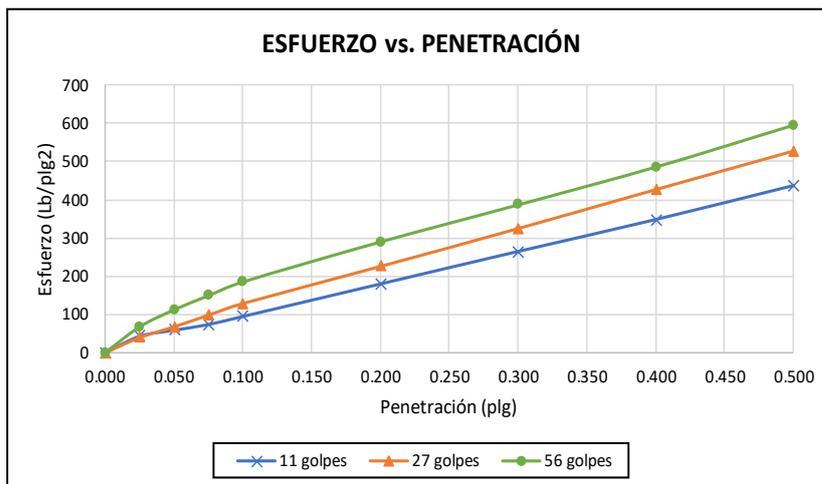
Tabla 107: Ensayo 7 CBR

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
REALIZADO POR:	Lenin Andres Pilla Ortega					
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"					
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre			REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M7			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	12/07/2021			Wópt:	18.0	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.13	Diámetro	15.11	Diámetro	15.17
	Altura	12.85	Altura	12.89	Altura	12.71
Nº de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	10198		10132		11320	
Masa Molde (gr)	6254		5758		6932	
Masa muestra húmeda (gr)	3944		4374		4388	
Volumen muestra (cm3)	2310.25		2311.31		2297.17	
Peso unitario húmedo (gr/cm3)	1.707		1.892		1.910	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
Nº Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	31.7	32.6	31.2	31.1	30.3	32.5
Masa suelo hum+recip. (gr)	244.3	240.5	252.1	242.2	244.8	256.2
Masa suelo seco+recip. (gr)	209.4	206.6	215.6	207.7	209.3	219.2
Masa de agua (gr)	34.9	33.9	36.5	34.5	35.5	37
Masa suelo seco (gr)	177.7	174	184.4	176.6	179	186.7
Contenido de humedad W%	19.64%	19.48%	19.79%	19.54%	19.83%	19.82%
Promedio W%	19.56%		19.66%		19.83%	
Peso unitario seco (gr/cm3)	1.428		1.581		1.594	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10629		10194		11331	
Masa Molde (gr)	6254		5758		6932	
Masa muestra húmeda (gr)	4375		4436		4399	
Volumen muestra (cm3)	2310.25		2311.31		2297.17	
Peso unitario húmedo (gr/cm3)	1.894		1.919		1.915	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Nº Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	32.6	31.7	34.4	31.6	30.8	30.9
Masa suelo hum+recip. (gr)	272.5	274.3	277.5	260.1	177.3	174.1
Masa suelo seco+recip. (gr)	227.6	230.7	233.5	220.2	151.3	149.9
Masa de agua (gr)	44.9	43.6	44	39.9	26	24.2
Masa suelo seco (gr)	195	199	199.1	188.6	120.5	119
Contenido de humedad W%	23.03%	21.91%	22.10%	21.16%	21.58%	20.34%
Promedio W%	22.47%		21.63%		20.96%	

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	0.00	0	0.00
0.025	128	42.67	118.6	39.53	203.3	67.77
0.050	175.8	58.60	203.8	67.93	336.9	112.30
0.075	220.5	73.50	295.2	98.40	448	149.33
0.100	283.6	94.53	386.8	128.93	556.2	185.40
0.200	538.2	179.40	679	226.33	870.8	290.27
0.300	792.6	264.20	976.8	325.60	1162.2	387.40
0.400	1042.1	347.37	1283.4	427.80	1459.2	486.40
0.500	1308.2	436.07	1586.5	528.83	1788	596.00

N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	94.53	9.45%	1.428	179.40	11.96%	1.428
B	128.93	12.89%	1.581	226.33	15.09%	1.581
C	185.40	18.54%	1.594	290.27	19.35%	1.594

Densidad Seca Máxima	1.552				
DSM		%CBR 0.1plg	%CBR 0.2plg	%CBR MAYOR	
95%	1.47	10.10%	12.70%	12.70%	



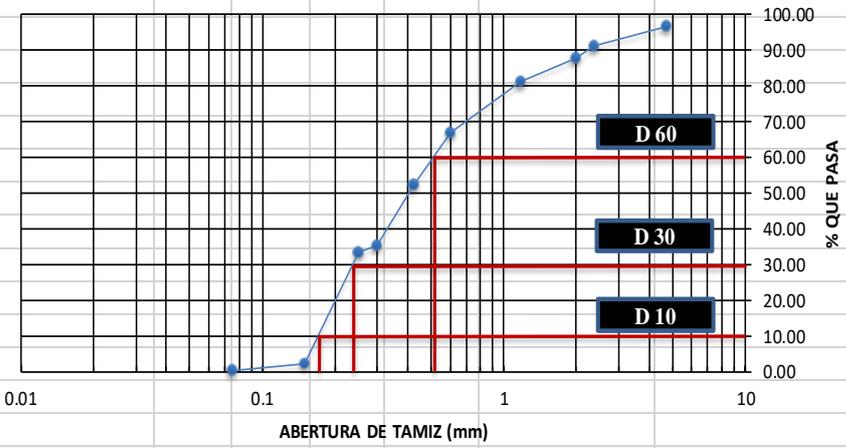
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 108: Ensayo 8 Contenido de Humedad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 				
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres			
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”			
UBICACIÓN:	Patate El Sucre	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	25/5/2021			
ID. MUESTRA:	M8	NORMA:	AASHTO T 191 2014	
Nº Recipiente		A	B	C
Peso Recipiente (gr)		24.9	24.4	24.2
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)		123.8	125.8	125.4
Peso suelo seco + recipiente (gr)		111.9	114.0	113.5
Peso de agua W_w (gr)		11.9	11.8	11.9
Peso suelo seco W_s (gr)		87	89.6	89.3
Contenido de humedad (W%)		13.68%	13.17%	13.33%
W Promedio (%)		13.39%		

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 109: Ensayo 8 Granulometría de Suelos Finos

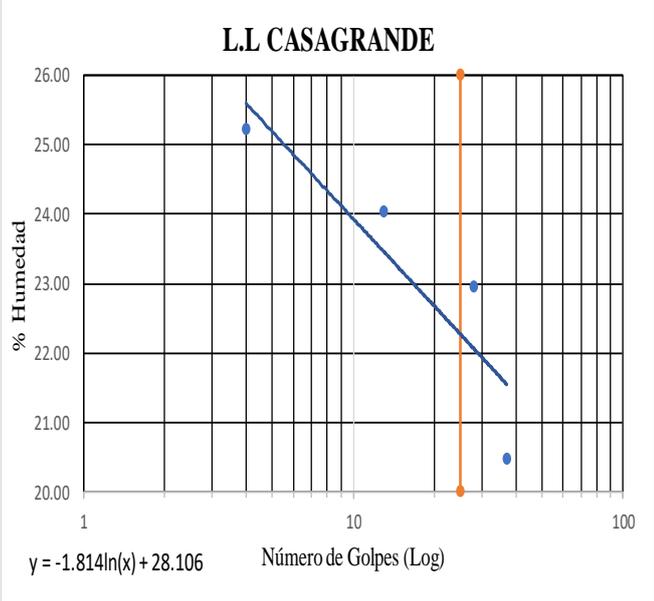
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL GRANULOMETRÍA DEL SUELO					
NORMAS: ASTM: D421-58 D-422-63 AASHTO: 7-87-70 7-88-70					
REALIZADO POR:		Pilla Ortega Lenin Andres			
PROYECTO:		"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"			
UBICACIÓN:		Patate - El Sucre	ID MUESTRA:	M8	REVISADO POR:
PESO MUESTRA:		1000 gr	FECHA:	14-jun-21	Ing. Milton Aldás
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.74	35.1	35.1	3.51	96.49
8	2.36	52.8	87.9	8.79	91.21
10	2	36.1	124.0	12.40	87.60
16	1.18	62.3	186.3	18.64	81.36
30	0.6	144.6	330.9	33.10	66.90
40	0.425	145.4	476.3	47.64	52.36
50	0.3	168.9	645.2	64.54	35.46
60	0.25	21.2	666.4	66.66	33.34
100	0.15	311.3	977.7	97.80	2.20
200	0.075	17.7	995.4	99.57	0.43
BANDEJA		4.3	999.7	100.00	
RESULTADOS					
TNM	2	Cu	3.00	Error Permitido	1.00%
D10	0.17				
D30	0.24	Cc	0.66	Error Calculado	0.03%
D60	0.51				
PORCENTAJE DE MATERIAL					
		Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)	
SUCS		0	99.57	0.43	
AASHTO		12.40	87.17	0.43	
Curva de Distribución Granulométrica					
					

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 110: Ensayo 8 Límite Líquido

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres							
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"							
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre			REVISADO POR:			Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M8							
FECHA:	21/06/2021			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
Nº MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
Nº RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	17.7	11.6	11.1	10.9	11.2	11.6	11.2	11.8
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	39.9	31.6	32.7	28	28.3	24.1	27.4	24.5
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	35.4	27.6	28.5	24.7	25.2	21.7	24.7	22.3
PESO AGUA (W_w) (gr)	4.5	4	4.2	3.3	3.1	2.4	2.7	2.2
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	17.7	16	17.4	13.8	14	10.1	13.5	10.5
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	25.42	25.00	24.14	23.91	22.14	23.76	20.00	20.95
PROMEDIO W%	25.21		24.03		22.95		20.48	
NÚMERO DE GOLPES	4		13		28		37	
LÍMITE LÍQUIDO L.L. (%)	22.27							

L.L CASAGRANDE



$y = -1.814\ln(x) + 28.106$

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 111: Ensayo 8 Límite Plástico

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Pilla Ortgea Lenin Andres				
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre		REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M8				
FECHA:	21/06/2021		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)	6.2	11	6.1	6.3	6.5
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	7.4	12.3	7.4	7.4	7.6
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	7.2	12.1	7.2	7.2	7.4
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	1	1.1	1.1	0.9	0.9
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	20.00	18.18	18.18	22.22	22.22
PROMEDIO W%	20.16				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	22.27				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	20.16				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	2.11				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-2-4				
SUCS	SP				

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 112: Ensayo 8 Densidad de Campo

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”		
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	FECHA:	26/7/2021
ID. DE MUESTRA:	M8	NORMA:	ASTM D 1556-82
REALIZADO POR:	Lenin Pilla	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
NORMA ASTM D 1556-82			
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAÍDO			
Peso suelo + recipiente (gr)		1310.00	
Peso recipiente (Funda)(gr)		4.00	
Peso del suelo (Wm) (gr)		1306.00	
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)		4490.00	
Lectura final frasco + cono + arena (gr)		1638.00	
Peso arena en el cono (gr)		1629.00	
Peso arena en el hueco (gr)		1223.00	
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm3)		1.582	
Volumen del hueco Vm (cm3)		773.07	
3) DETERMINACIÓN DEL $\omega\%$			
Recipiente N°		A	B
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		239.30	226.40
Peso muestra seca + recipiente (gr)		214.30	201.40
Peso recipiente (gr)		30.30	31.20
Peso agua Wω (gr)		25.00	25.00
Peso sólidos Ws (gr)		184.00	170.20
$\omega\%$		13.59	14.69
PROMEDIO $\omega\%$		14.14	
4) CALIBRACIÓN DEL CONO			
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)		1629.00	
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA			
Densidad sand (gr/cm3)		1.582	
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos		Vv=	47.18
Va=		Wa=	22.18
Vw=		Ww=	25
Vs=		Ws=	76.54
Vm=		Wm=	123.72
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)		1.69	gr/cm3
Densidad seca (γ_d)		1.48	gr/cm3
Contenido de humedad $\omega\%$		14.14	%
Relación de vacíos $e = Vv / Vs$		0.62	natural
Porosidad $n\% = Vv / Vm * 100$		38.13	%
Grado de Saturación de agua $G\omega\% = Vw / Vv * 100$		52.99	%
Grado de Saturación de aire $G_a\% = Va / Vv * 100$		47.01	%

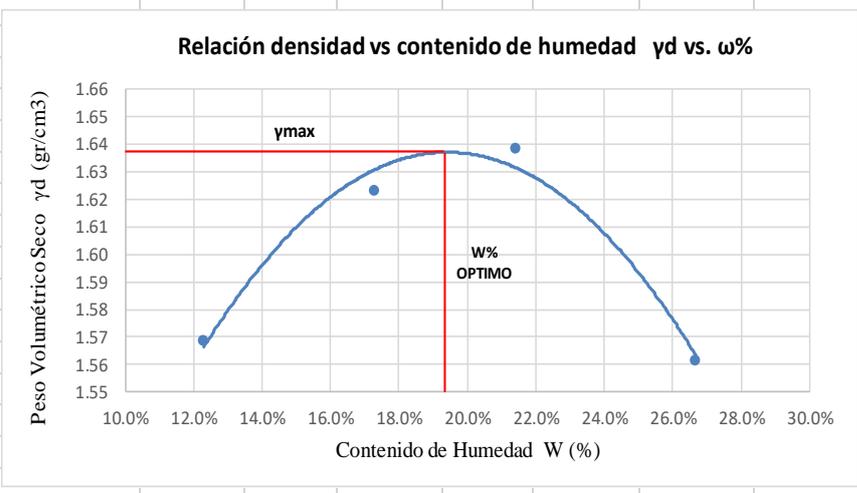
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 113: Ensayo 8 Gravedad Específica

 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:	Lenin Andres Pilla Ortega	
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”	
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	
ID. MUESTRA	M8	
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	28/6/2021	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
PESO DEL PICNÓMETRO	152.20	gr
TEMPERATURA DEL AGUA	21.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	651.40	gr
PESO DEL AGUA	499.20	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	28.20	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	679.60	gr
PESO RECIPIENTE	145.40	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	194.40	gr
PESO MUESTRA SECA	49.00	gr
$W_s + W_{bw}$	700.40	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA ($W_s + W_{bw}$) - W_{bws}	20.80	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9980	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.40	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 114: Ensayo 8 Proctor Modificado Tipo B

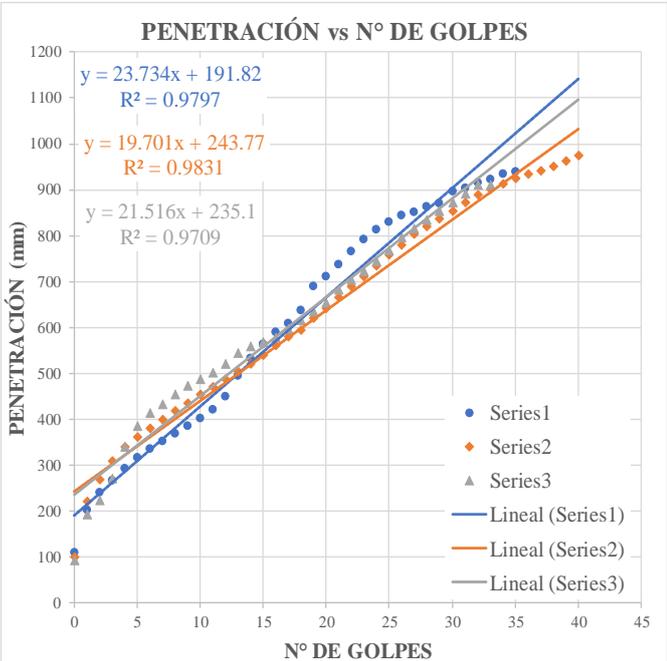
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B" 								
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres							
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”							
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre							
ID. DE MUESTRA:	M8							
FECHA:	5/07/2021							
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás							
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:	13950 gr							
Vol. molde:	2292.41 cm ³							
Energía de compactación:	55986 lb/ft ³							
Diámetro:	15.16 cm							
Altura:	12.7 cm							
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo número	1							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	10							
P. molde + suelo húmedo	17989							
Peso suelo húmedo	4039							
Peso unitario húmedo γ_m	1.762							
Ensayo número	2							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	15							
P. molde + suelo húmedo	18315							
Peso suelo húmedo	4365							
Peso unitario húmedo γ_m	1.904							
Ensayo número	3							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	20							
P. molde + suelo húmedo	18512							
Peso suelo húmedo	4562							
Peso unitario húmedo γ_m	1.990							
Ensayo número	4							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	25							
P. molde + suelo húmedo	18484							
Peso suelo húmedo	4534							
Peso unitario húmedo γ_m	1.978							
2. CONTENIDO DE HUMEDAD								
# Recipiente	A	B	C	D	E	F	G	H
R. + Suelo húmedo	190.6	185.4	215.3	221.3	186.3	193.2	185.2	166.9
R. + Suelo seco	173.2	168.4	188.2	193.0	158.9	164.6	152.7	138.3
Peso agua	17.4	17	27.1	28.3	27.4	28.6	32.5	28.6
Peso recipiente	31.2	30.9	30.8	30.3	31.2	31.1	30.8	31.1
Peso suelo seco	142	137.5	157.4	162.7	127.7	133.5	121.9	107.2
Contenido humeda $\omega\%$	12.25%	12.36%	17.22%	17.39%	21.46%	21.42%	26.66%	26.68%
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	12.31%		17.31%		21.44%		26.67%	
Densidad seca γ_d	1.57		1.62		1.64		1.56	
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 1.639 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 19.4 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 115: Ensayo 8 DCP

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03			
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres		
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"		
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
ID. DE MUESTRA:	M8		
FECHA:	26/07/2021	NORMA:	ASTM D 6951 03

ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	P1	P2	P3
0	110	100	94
1	202	221	193
2	240	269	224
3	267	311	272
4	293	341	340
5	317	361	385
6	335	380	414
7	352	400	434
8	370	420	454
9	385	436	473
10	402	455	488
11	422	472	503
12	450	487	521
13	495	505	545
14	533.0	521	559
15	565.0	540	568
16	590	561	578
17	610	580	598
18	637	596	617
19	690	620	636
20	711	642	654
21	737	666	684
22	765	691	704
23	791	711	724
24	814	736	744
25	831	758	769
26	845	781	797
27	852	803	817
28	863	821	836
29	870	837	854
30	896	854	873
31	905	874	891
32	915	890	910
33	924	901	911
34	934	913	
35	940	926	
36		935	
37		942	
38		952	
39		964	
40		976	



DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	21.65
2	
3	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

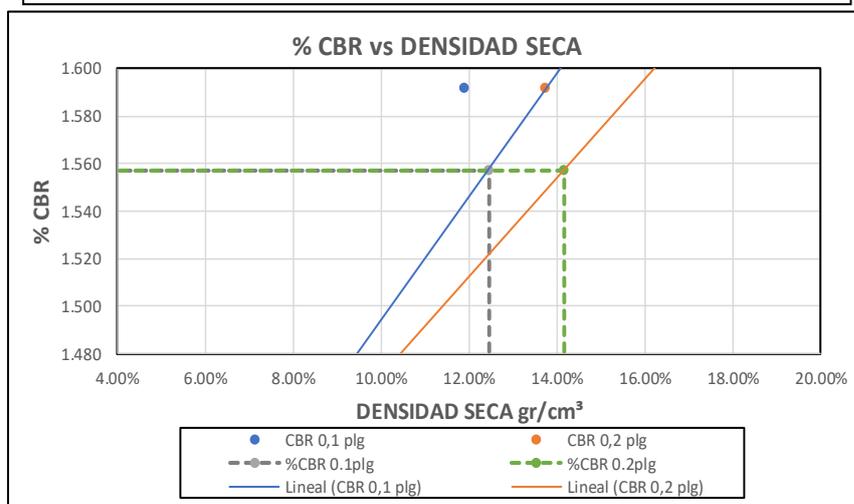
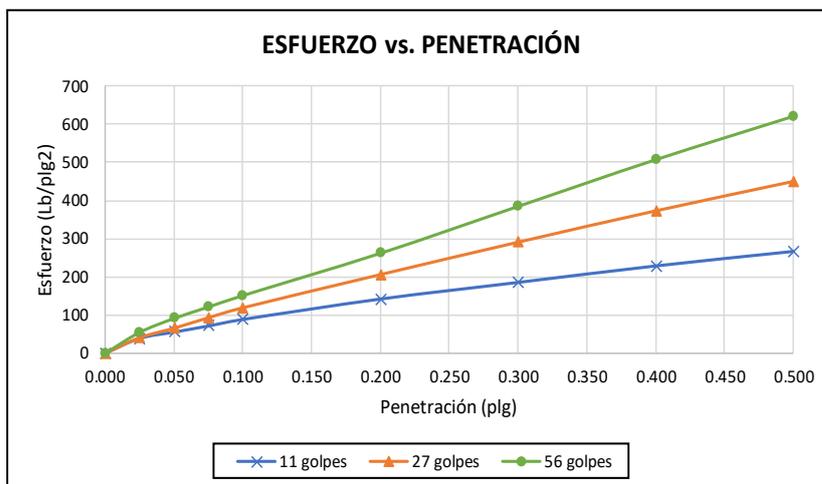
Tabla 116: Ensayo 8 CBR

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
REALIZADO POR:	Lenin Andres Pilla Ortega					
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"					
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre			REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M8			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	12/07/2021			Wópt:	19.4	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.11	Diámetro	15.17	Diámetro	15.13
	Altura	12.89	Altura	12.71	Altura	12.85
N° de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	9769		11342		10732	
Masa Molde (gr)	5758		6932		6254	
Masa muestra húmeda (gr)	4011		4410		4478	
Volumen muestra (cm ³)	2311.31		2297.17		2310.25	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.735		1.920		1.938	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	31.2	30.9	30.8	30.3	31.2	31.1
Masa suelo hum+recip. (gr)	247.2	245.3	258.1	253.9	185.6	175.2
Masa suelo seco+recip. (gr)	210.5	208.7	219.3	215.6	159.1	150.3
Masa de agua (gr)	36.7	36.6	38.8	38.3	26.5	24.9
Masa suelo seco (gr)	179.3	177.8	188.5	185.3	127.9	119.2
Contenido de humedad W%	20.47%	20.58%	20.58%	20.67%	20.72%	20.89%
Promedio W%	20.53%		20.63%		20.80%	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.440		1.591		1.605	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10194		11407		10746	
Masa Molde (gr)	5758		6932		6254	
Masa muestra húmeda (gr)	4436		4475		4492	
Volumen muestra (cm ³)	2311.31		2297.17		2310.25	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.919		1.948		1.944	
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	0.00	0	0.00
0.025	117	39.00	122.3	40.77	164.4	54.80
0.050	166.3	55.43	197.2	65.73	274.3	91.43
0.075	214.2	71.40	279.5	93.17	364.1	121.37
0.100	265.6	88.53	357.4	119.13	454.5	151.50
0.200	425.9	141.97	618.1	206.03	787.5	262.50
0.300	556.2	185.40	872.4	290.80	1156.5	385.50
0.400	685.5	228.50	1118.1	372.70	1524.3	508.10
0.500	799.5	266.50	1349.4	449.80	1865.9	621.97

N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	88.53	8.85%	1.440	141.97	9.46%	1.440
B	119.13	11.91%	1.591	206.03	13.74%	1.591
C	151.50	15.15%	1.605	262.50	17.50%	1.605

Densidad Seca Máxima	1.639				
DSM		%CBR 0.1plg	%CBR 0.2plg	%CBR MAYOR	
95%	1.56	12.45%	14.18%	14.18%	



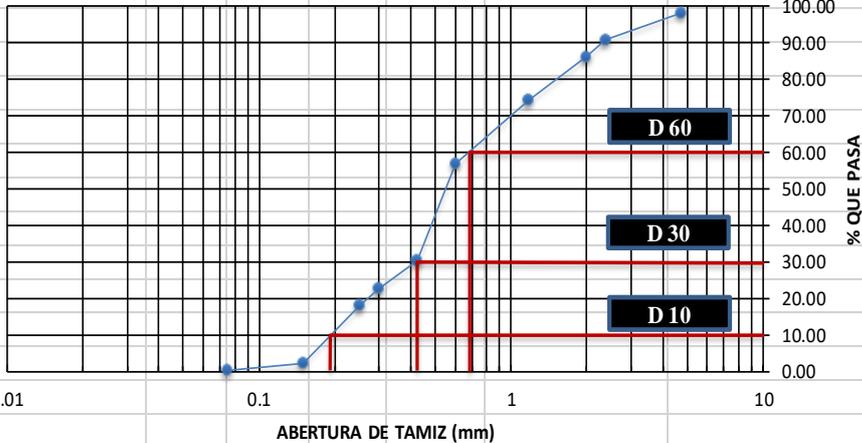
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 117: Ensayo 9 Contenido de Humedad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 			
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres		
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"		
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
FECHA:	25/5/2021		
ID. MUESTRA:	M9	NORMA:	AASHTO T 191 2014
Nº Recipiente	A	B	C
Peso Recipiente (gr)	30.3	30.8	31.3
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)	118.6	112.4	114.7
Peso suelo seco + recipiente (gr)	105.9	99.1	101.4
Peso de agua W_w (gr)	12.7	13.3	13.3
Peso suelo seco W_s (gr)	75.6	68.3	70.1
Contenido de humedad (W%)	16.80%	19.47%	18.97%
W Promedio (%)	18.41%		

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 118: Ensayo 9 Granulometría de Suelos Finos

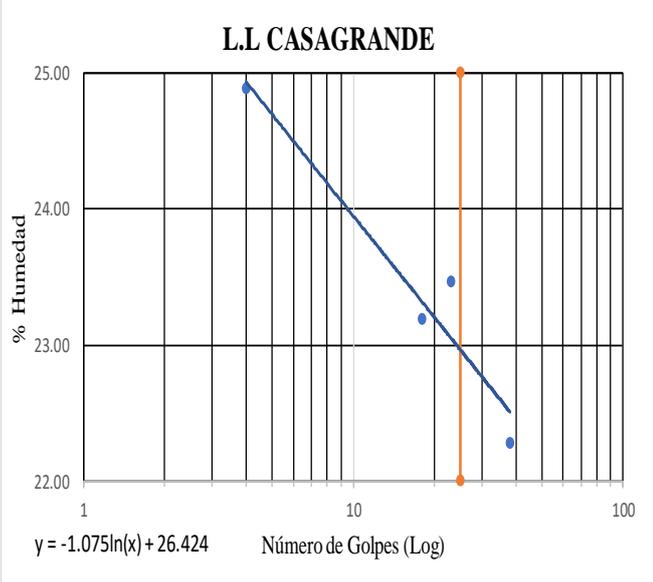
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL GRANULOMETRÍA DEL SUELO				
		NORMAS: ASTM: D421-58 D-422-63		AASHTO: 7-87-70 7-88-70		
REALIZADO POR:		Pilla Ortega Lenin Andres				
PROYECTO:		"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
UBICACIÓN:		Patate - El Sucre	ID MUESTRA:	M9	REVISADO POR:	
PESO MUESTRA:		1000 gr	FECHA:	14-jun-21	Ing. Milton Aldás	
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	
4	4.74	19.9	19.9	1.99	98.01	
8	2.36	70.3	90.2	9.04	90.96	
10	2	48.4	138.6	13.88	86.12	
16	1.18	118.1	256.7	25.72	74.28	
30	0.6	173.5	430.2	43.10	56.90	
40	0.425	263.8	694.0	69.53	30.47	
50	0.3	79.4	773.4	77.48	22.52	
60	0.25	46.4	819.8	82.13	17.87	
100	0.15	154.9	974.7	97.65	2.35	
200	0.075	19.6	994.3	99.61	0.39	
BANDEJA		3.9	998.2	100.00		
RESULTADOS						
TNM	2	Cu	3.63	Error Permitido	1.00%	
D10	0.19					
D30	0.41	Cc	1.28	Error Calculado	0.18%	
D60	0.69					
PORCENTAJE DE MATERIAL						
	Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)			
SUCS	0	99.61	0.39			
AASHTO	13.88	85.72	0.39			
Curva de Distribución Granulométrica						
 <p>The graph plots the percentage of material 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 material passing, ranging from 0.00 to 100.00. Key points are marked: D10 at 0.19 mm (22.52% passing), D30 at 0.425 mm (69.53% passing), and D60 at 0.6 mm (82.13% passing).</p>						

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 119: Ensayo 9 Límite Líquido

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres							
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"							
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre			REVISADO POR:			Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M9							
FECHA:	21/06/2021			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
Nº MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
Nº RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	10.9	11.5	11.1	11.6	11.1	11.8	11.5	11.5
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	25.6	27.9	27.9	28.8	29.3	31.5	29	30.2
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	22.7	24.6	24.7	25.6	25.8	27.8	25.9	26.7
PESO AGUA (W_w) (gr)	2.9	3.3	3.2	3.2	3.5	3.7	3.1	3.5
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	11.8	13.1	13.6	14	14.7	16	14.4	15.2
CONTENIDO DE HUMEDAD $W\%$	24.58	25.19	23.53	22.86	23.81	23.13	21.53	23.03
PROMEDIO $W\%$	24.88		23.19		23.47		22.28	
NÚMERO DE GOLPES	4		18		23		38	
LÍMITE LÍQUIDO L.L. (%)	22.96							

L.L CASAGRANDE



$y = -1.075\ln(x) + 26.424$ Número de Golpes (Log)

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 120: Ensayo 9 Límite Plástico

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres				
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre		REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M9				
FECHA:	21/06/2021		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)	6.1	10.6	6	6	6.6
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	7.4	11.7	7.2	7.3	7.2
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	7.2	11.5	7	7.1	7.1
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	1.1	0.9	1	1.1	0.5
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	18.18	22.22	20.00	18.18	20.00
PROMEDIO W%	19.72				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	22.96				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	19.72				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	3.25				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-2-4				
SUCS	SM				

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 121: Ensayo 9 Densidad de Campo

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”		
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	FECHA:	26/7/2021
ID. DE MUESTRA:	M9	NORMA:	ASTM D 1556-82
REALIZADO POR:	Lenin Pilla	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
NORMA ASTM D 1556-82			
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAÍDO			
Peso suelo + recipiente (gr)	1247.00		
Peso recipiente (Funda)(gr)	4.00		
Peso del suelo (Wm) (gr)	1243.00		
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	4500.00		
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	1618.00		
Peso arena en el cono (gr)	1629.00		
Peso arena en el hueco (gr)	1253.00		
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm3)	1.582		
Volumen del hueco Vm (cm3)	792.04		
3) DETERMINACIÓN DEL $\omega\%$			
Recipiente N°	A	B	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	183.10	190.80	
Peso muestra seca + recipiente (gr)	162.50	168.40	
Peso recipiente (gr)	31.10	30.20	
Peso agua Wω (gr)	20.60	22.40	
Peso sólidos Ws (gr)	131.40	138.20	
$\omega\%$	15.68	16.21	
PROMEDIO $\omega\%$	15.94		
4) CALIBRACIÓN DEL CONO			
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)	1629.00		
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA			
Densidad sand (gr/cm3)	1.582		
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	Vv=	43.46	-
Va=	Wa=	21.06	0.00
Vw=	Ww=	22.4	22.40
Vs=	Ws=	58.87	138.20
Vm=	Wm=	102.33	160.60
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1.57	gr/cm3	
Densidad seca (γ_d)	1.35	gr/cm3	
Contenido de humedad $\omega\%$	15.94	%	
Relación de vacíos $e = Vv / Vs$	0.74	natural	
Porosidad $n\% = Vv / Vm * 100$	42.47	%	
Grado de Saturación de agua $G\omega\% = Vw / Vv * 100$	51.54	%	
Grado de Saturación de aire $G_a\% = Va / Vv * 100$	48.46	%	

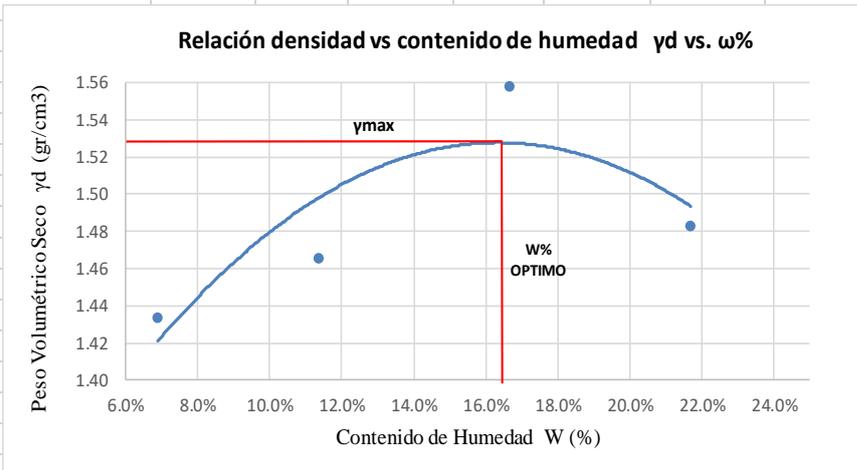
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 122: Ensayo 9 Gravedad Específica

 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:	Lenin Andres Pilla Ortega	
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”	
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	
ID. MUESTRA	M9	
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	28/6/2021	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
PESO DEL PICNÓMETRO	163.10	gr
TEMPERATURA DEL AGUA	23.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	661.50	gr
PESO DEL AGUA	498.40	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	26.60	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	688.10	gr
PESO RECIPIENTE	106.30	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	155.30	gr
PESO MUESTRA SECA	49.00	gr
Ws + Wbw	710.50	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	22.40	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9976	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.23	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 123: Ensayo 9 Proctor Modificado Tipo B

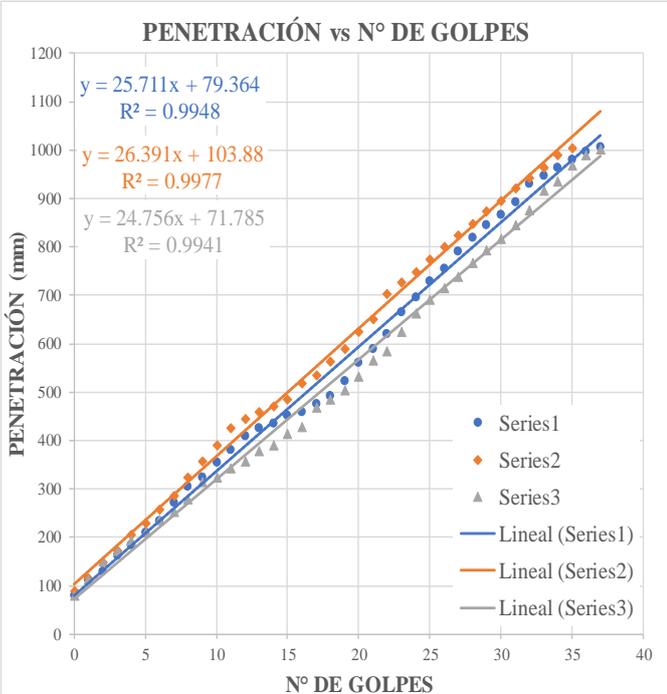
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B" 	
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre
ID. DE MUESTRA:	M9
FECHA:	5/07/2021
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
NORMA:	AASHTO T- 180
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO	
Nº de Golpes:	56
Nº capas:	5
P. martillo:	10 lb
Altura de caída:	18' o 1.5ft
P. molde:	12781 gr
Vol. molde:	2409.74 cm3
Energía de compactación:	55986 lb/ft/ft3
Diámetro:	15.16 cm
Altura:	13.35 cm
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN	
Ensayo número	1 2 3 4
Peso inicial deseado	6000 6000 6000 6000
Humedad inicial añadida	5 10 15 20
P. molde + suelo húmedo	16474 16714 17162 17130
Peso suelo húmedo	3693 3933 4381 4349
Peso unitario húmedo γ_m	1.533 1.632 1.818 1.805
2. CONTENIDO DE HUMEDAD	
# Recipiente	A B C D E F G H
R. + Suelo húmedo	160.1 154.2 151.0 158.1 149.7 152.0 150.7 147.4
R. + Suelo seco	151.9 146.1 138.4 145.4 132.7 134.7 129.4 126.7
Peso agua	8.2 8.1 12.6 12.7 17 17.3 21.3 20.7
Peso recipiente	30.9 31.0 30.3 30.8 30.9 30.8 31.3 31.1
Peso suelo seco	121 115.1 108.1 114.6 101.8 103.9 98.1 95.6
Contenido humedad $\omega\%$	6.78% 7.04% 11.66% 11.08% 16.70% 16.65% 21.71% 21.65%
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	6.91% 11.37% 16.68% 21.68%
Densidad seca γ_d	1.43 1.47 1.56 1.48
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 1.528 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 16.3 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 124: Ensayo 9 DCP

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03			
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres		
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"		
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	REVISADO POR:	
ID. DE MUESTRA:	M9		Ing. Milton Aldás
FECHA:	26/07/2021	NORMA:	ASTM D 6951 03

ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	P1	P2	P3
0	80	90	80
1	113	116	114
2	130	148	152
3	162	173	173
4	185	206	193
5	211	229	211
6	234	258	236
7	272	285	253
8	305	325	280
9	325	358	315
10	356	390	325
11	380	425	342
12	410	444	357
13	426	458	378
14	435	472	390
15	452	485	415
16	460	518	429
17	476	534	468
18	493	564	485
19	524	589	503
20	562	624	533
21	589	652	566
22	620	703	585
23	665	728	625
24	696	748	664
25	730	775	692
26	756	800	715
27	792	825	739
28	819	848	768
29	846	875	793
30	868	896	818
31	893	922	845
32	930	943	877
33	948	965	917
34	965	990	935
35	980	1005	968
36	997		989
37	1006		1003



DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	25.62
2	
3	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

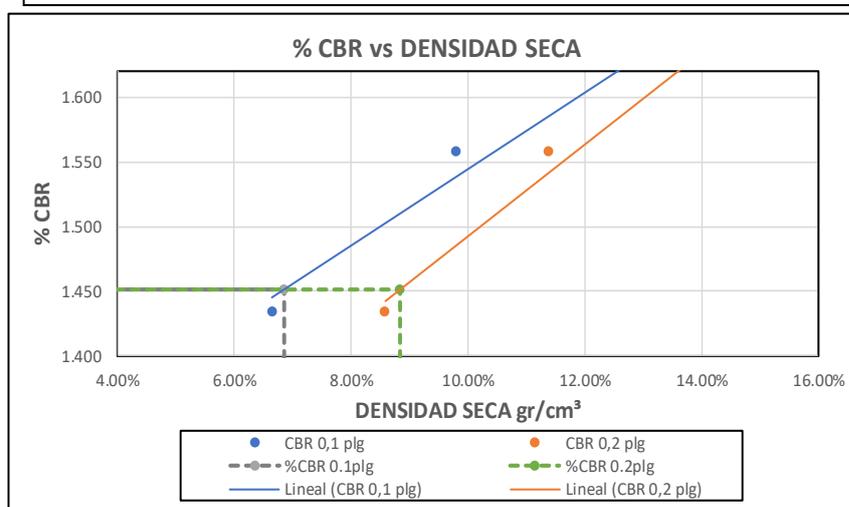
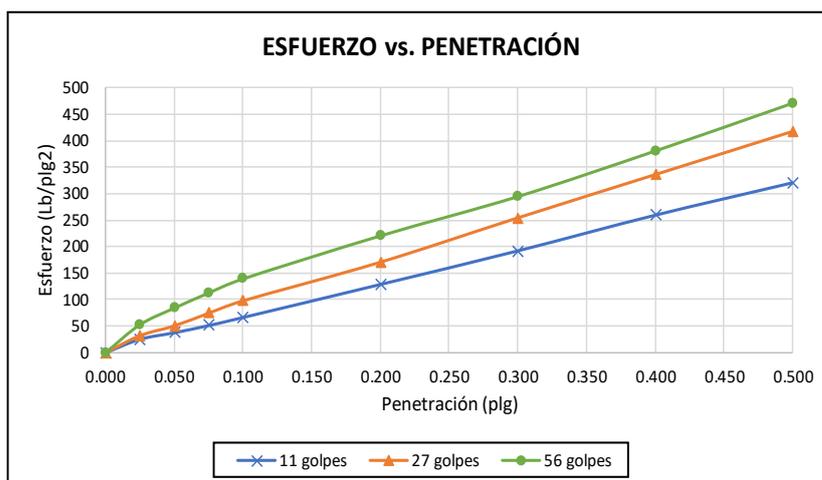
Tabla 125: Ensayo 9 CBR

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
REALIZADO POR:	Lenin Andres Pilla Ortega					
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"					
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre			REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M9			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	12/07/2021			Wópt:	16.3	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.13	Diámetro	15.11	Diámetro	15.17
	Altura	12.85	Altura	12.89	Altura	12.71
Nº de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	10171		10212		11420	
Masa Molde (gr)	6254		5758		6932	
Masa muestra húmeda (gr)	3917		4454		4488	
Volumen muestra (cm ³)	2310.25		2311.31		2297.17	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.695		1.927		1.954	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
Nº Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	33.1	29	33.2	30	30.7	31.9
Masa suelo hum+recip. (gr)	276.7	285.1	300.4	298.5	280.2	280
Masa suelo seco+recip. (gr)	239	245.8	257.3	256.4	241.7	241.8
Masa de agua (gr)	37.7	39.3	43.1	42.1	38.5	38.2
Masa suelo seco (gr)	205.9	216.8	224.1	226.4	211	209.9
Contenido de humedad W%	18.31%	18.13%	19.23%	18.60%	18.25%	18.20%
Promedio W%	18.22%		18.91%		18.22%	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.434		1.621		1.653	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10750		10349		11447	
Masa Molde (gr)	6254		5758		6932	
Masa muestra húmeda (gr)	4496		4591		4515	
Volumen muestra (cm ³)	2310.25		2311.31		2297.17	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.946		1.986		1.965	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Nº Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	29.9	30.2	33.2	31.6	31.1	30.8
Masa suelo hum+recip. (gr)	262.6	302.1	273.3	265.9	269.5	289.5
Masa suelo seco+recip. (gr)	222.9	256.2	233.9	228.5	230.2	247.8
Masa de agua (gr)	39.7	45.9	39.4	37.4	39.3	41.7
Masa suelo seco (gr)	193	226	200.7	196.9	199.1	217
Contenido de humedad W%	20.57%	20.31%	19.63%	18.99%	19.74%	19.22%
Promedio W%	20.44%		19.31%		19.48%	

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	0.00	0	0.00
0.025	75.8	25.27	96.6	32.20	158.6	52.87
0.050	113.1	37.70	152	50.67	252.6	84.20
0.075	153.6	51.20	223.8	74.60	338.3	112.77
0.100	199.3	66.43	293.8	97.93	418.2	139.40
0.200	386.3	128.77	512.5	170.83	662.2	220.73
0.300	576.4	192.13	763.3	254.43	884.8	294.93
0.400	778.2	259.40	1008.2	336.07	1142.9	380.97
0.500	961.8	320.60	1252.6	417.53	1413.6	471.20

N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	66.43	6.64%	1.434	128.77	8.58%	1.434
B	97.93	9.79%	1.558	170.83	11.39%	1.558
C	139.40	13.94%	1.653	220.73	14.72%	1.653

Densidad Seca Máxima	1.528					
DSM		%CBR 0.1plg	%CBR 0.2plg	%CBR MAYOR		
95%	1.45	6.85%	8.83%	8.83%		



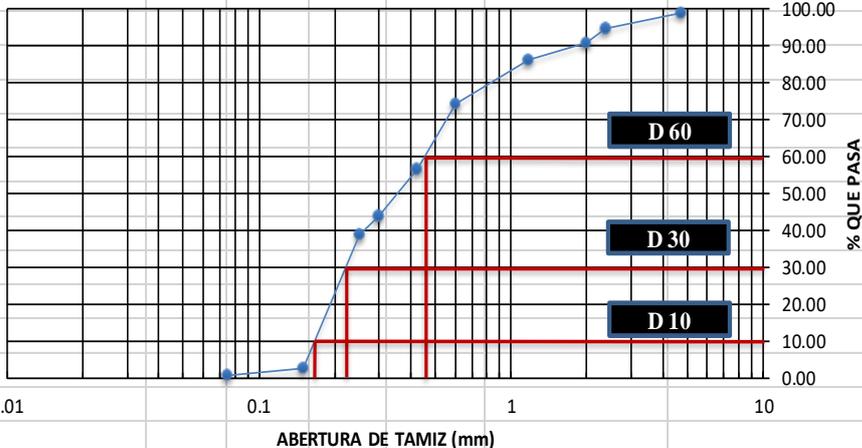
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 126: Ensayo 10 Contenido de Humedad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 				
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres			
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”			
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	25/5/2021			
ID. MUESTRA:	M10	NORMA:	AASHTO T 191 2014	
N° Recipiente		A	B	C
Peso Recipiente (gr)		31.1	30.9	31.2
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)		120.4	115.0	127.6
Peso suelo seco + recipiente (gr)		105.3	101.7	110.9
Peso de agua W_w (gr)		15.1	13.3	16.7
Peso suelo seco W_s (gr)		74.2	70.8	79.7
Contenido de humedad (W%)		20.35%	18.79%	20.95%
W Promedio (%)		20.03%		

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 127: Ensayo 10 Granulometría de Suelos Finos

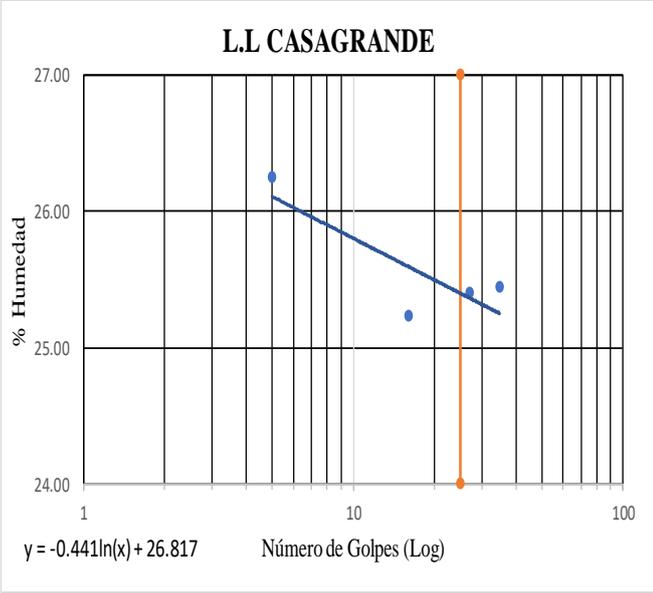
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL GRANULOMETRÍA DEL SUELO				
		NORMAS: ASTM: D421-58 D-422-63		AASHTO: 7-87-70 7-88-70		
REALIZADO POR:		Pilla Ortega Lenin Andres				
PROYECTO:		"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
UBICACIÓN:		Patate - El Sucre	ID MUESTRA:	M10	REVISADO POR:	
PESO MUESTRA:		1000 gr	FECHA:	14-jun-21	Ing. Milton Aldás	
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	
4	4.74	9.8	9.8	0.98	99.02	
8	2.36	44.2	54.0	5.41	94.59	
10	2	35.8	89.8	9.00	91.00	
16	1.18	47.0	136.8	13.71	86.29	
30	0.6	120.8	257.6	25.82	74.18	
40	0.425	176.9	434.5	43.55	56.45	
50	0.3	125.7	560.2	56.15	43.85	
60	0.25	49.9	610.1	61.15	38.85	
100	0.15	362.5	972.6	97.48	2.52	
200	0.075	17.8	990.4	99.27	0.73	
BANDEJA		7.3	997.7	100.00		
RESULTADOS						
TNM	1.18	Cu	2.61	Error Permitido	1.00%	
D10	0.18					
D30	0.22	Cc	0.57	Error Calculado	0.23%	
D60	0.47					
PORCENTAJE DE MATERIAL						
	Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)			
SUCS	0	99.27	0.73			
AASHTO	9.00	90.27	0.73			
Curva de Distribución Granulométrica						
 <p>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 passing, ranging from 0.00 to 100.00. A blue curve connects data points for each sieve size. Three specific points are highlighted with red vertical lines and labeled: D10 at approximately 0.18 mm, D30 at approximately 0.22 mm, and D60 at approximately 0.47 mm.</p>						

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 128: Ensayo 10 Límite Líquido

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres							
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"							
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre			REVISADO POR:			Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M10							
FECHA:	21/06/2021			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
Nº MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
Nº RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	11.8	11.5	11.5	11.5	11.5	11	11.3	11.3
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	35.6	35.8	28.1	26.2	28.9	31.1	32.6	30.9
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	30.6	30.8	24.8	23.2	25.4	27	28.2	27
PESO AGUA (W_w) (gr)	5	5	3.3	3	3.5	4.1	4.4	3.9
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	18.8	19.3	13.3	11.7	13.9	16	16.9	15.7
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	26.60	25.91	24.81	25.64	25.18	25.63	26.04	24.84
PROMEDIO W%	26.25		25.23		25.40		25.44	
NÚMERO DE GOLPES	5		16		27		35	
LÍMITE LÍQUIDO L.L. (%)	25.40							

L.L CASAGRANDE



$y = -0.441\ln(x) + 26.817$

Número de Golpes (Log)

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 129: Ensayo 10 Límite Plástico

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Pilla Ortgea Lenin Andres				
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre		REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M10				
FECHA:	21/06/2021		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)	10.8	10.5	7.5	6.1	10.6
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	11.8	11.6	8.1	7.1	11.6
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	11.6	11.4	8	6.9	11.4
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	0.8	0.9	0.5	0.8	0.8
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	25.00	22.22	20.00	25.00	25.00
PROMEDIO W%	23.44				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	25.40				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	23.44				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	1.95				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-2-4				
SUCS	SP				

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 130: Ensayo 10 Densidad de Campo

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”		
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	FECHA:	26/7/2021
ID. DE MUESTRA:	M10	NORMA:	ASTM D 1556-82
REALIZADO POR:	Lenin Pilla	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
NORMA ASTM D 1556-82			
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAÍDO			
Peso suelo + recipiente (gr)			1390.00
Peso recipiente (Funda)(gr)			4.00
Peso del suelo (Wm) (gr)			1386.00
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)			5000.00
Lectura final frasco + cono + arena (gr)			1955.00
Peso arena en el cono (gr)			1629.00
Peso arena en el hueco (gr)			1416.00
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm ³)			1.582
Volumen del hueco Vm (cm ³)			895.07
3) DETERMINACIÓN DEL $\omega\%$			
Recipiente N°			A B
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)			197.20 196.20
Peso muestra seca + recipiente (gr)			167.50 165.20
Peso recipiente (gr)			32.50 30.80
Peso agua Wω (gr)			29.70 31.00
Peso sólidos W_s (gr)			135.00 134.40
$\omega\%$			22.00 23.07
PROMEDIO $\omega\%$			22.53
4) CALIBRACIÓN DEL CONO			
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)			1629.00
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA			
Densidad sand (gr/cm ³)			1.582
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	V _v =	45.47	-
V _a =	W _a =	15.77	0.00
V _w =	W _w =	29.7	29.70
V _s =	W _s =	60.89	135.00
V _m =	W _m =	106.36	164.70
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)			1.55 gr/cm ³
Densidad seca (γ_d)			1.26 gr/cm ³
Contenido de humedad $\omega\%$			22.53 %
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$			0.75 natural
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$			42.75 %
Grado de Saturación de agua $G\omega\% = V_w / V_v * 100$			65.32 %
Grado de Saturación de aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$			34.68 %

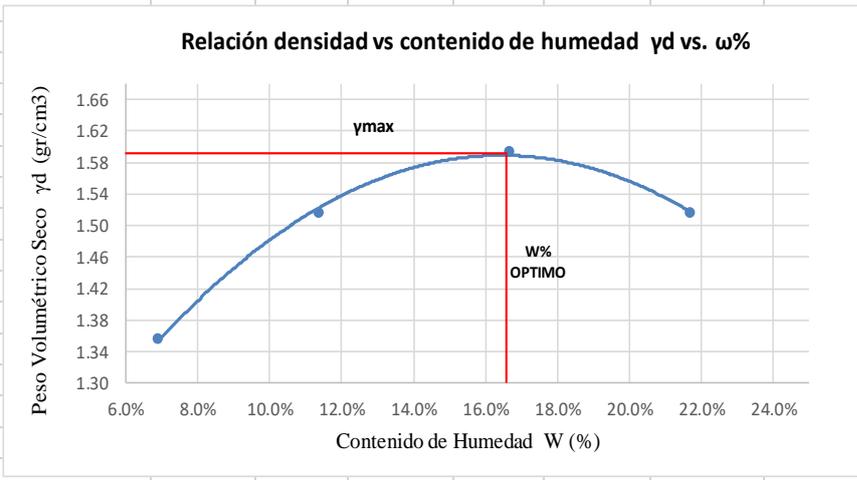
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 131: Ensayo 10 Gravedad Específica

 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:	Lenin Andres Pilla Ortega	
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”	
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	
ID. MUESTRA	M10	
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	28/6/2021	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
PESO DEL PICNÓMETRO	145.30	gr
TEMPERATURA DEL AGUA	22.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	643.70	gr
PESO DEL AGUA	498.40	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	26.50	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	670.20	gr
PESO RECIPIENTE	145.40	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	194.50	gr
PESO MUESTRA SECA	49.10	gr
Ws + Wbw	692.80	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	22.60	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9978	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.22	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 132: Ensayo 10 Proctor Modificado Tipo B

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B" 	
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre
ID. DE MUESTRA:	M10
FECHA:	5/07/2021
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
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 ³
Diámetro:	15.16 cm
Altura:	13.35 cm
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN	
Ensayo número	1 2 3 4
Peso inicial deseado	6000 6000 6000 6000
Humedad inicial añadida	5 10 15 20
P. molde + suelo húmedo	16275 16850 17265 17226
Peso suelo húmedo	3494 4069 4484 4445
Peso unitario húmedo γ_m	1.450 1.689 1.861 1.845
2. CONTENIDO DE HUMEDAD	
# Recipiente	A B C D E F G H
R. + Suelo húmedo	160.1 154.2 151.0 158.1 149.7 152.0 150.7 147.4
R. + Suelo seco	151.9 146.1 138.4 145.4 132.7 134.7 129.4 126.7
Peso agua	8.2 8.1 12.6 12.7 17 17.3 21.3 20.7
Peso recipiente	30.9 31.0 30.3 30.8 30.9 30.8 31.3 31.1
Peso suelo seco	121 115.1 108.1 114.6 101.8 103.9 98.1 95.6
Contenido humedad $\omega\%$	6.78% 7.04% 11.66% 11.08% 16.70% 16.65% 21.71% 21.65%
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	6.91% 11.37% 16.68% 21.68%
Densidad seca γ_d	1.36 1.52 1.59 1.52
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 1.591 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 16.7%, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 133: Ensayo 10 DCP

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03			
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres		
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"		
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
ID. DE MUESTRA:	M10	FECHA:	26/07/2021
FECHA:	26/07/2021	NORMA:	ASTM D 6951 03

10			
ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	P1	P2	P3
0	100	55	70
1	236	229	127
2	532	381	290
3	600	500	376
4	623	557	407
5	639	592	436
6	650	610	463
7	662	623	486
8	670	633	510
9	676	641	532
10	682	647	550
11	697	654	562
12	705	662	582
13	712	670	601
14	718	675	621
15	721	683	637
16	728	690	653
17	732	700	662
18	738	702	682
19	744	711	701
20	752	720	717
21	756	727	732
22	756	736	747
23	766	742	771
24	772	753	776
25	785	761	792
26	796	773	802
27	810	780	812
28	824	792	823
29	842	800	833
30	849	810	841
31		817	851
32		824	860
33			862
34			872
35			887
36			901
37			916
38			934
39			944
40			962
41			982
42			1000

DN (mm/golpe)	DN (prom)	
1	13.346	14.73
2	13.965	
3	16.88	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

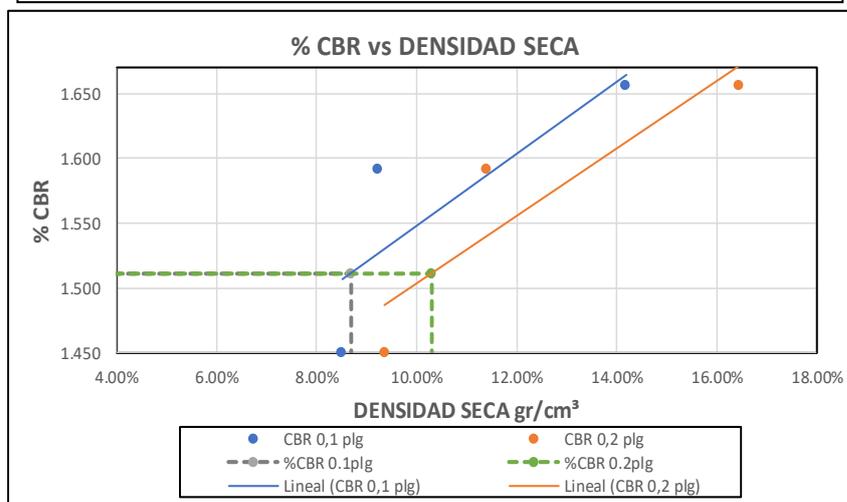
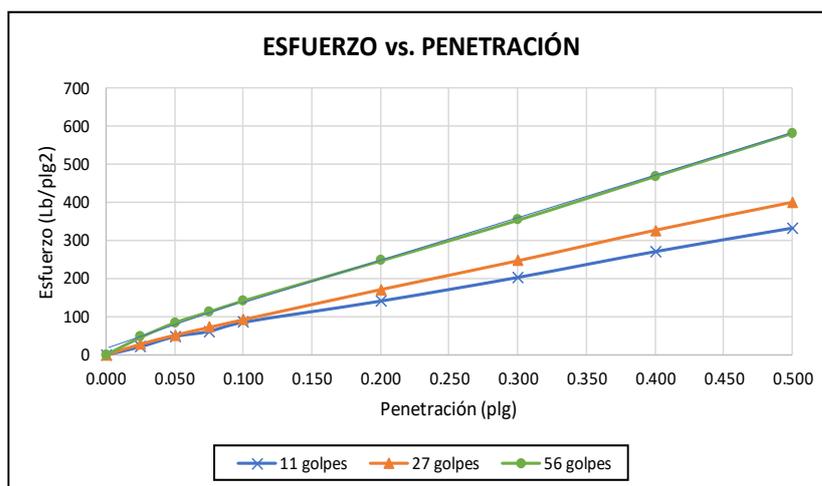
Tabla 134: Ensayo 10 CBR

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
REALIZADO POR:	Lenin Andres Pilla Ortega					
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"					
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre			REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M10			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	12/07/2021			Wópt:	16.7	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.17	Diámetro	15.13	Diámetro	15.11
	Altura	12.71	Altura	12.85	Altura	12.89
N° de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	10885		10765		10335	
Masa Molde (gr)	6932		6254		5758	
Masa muestra húmeda (gr)	3953		4511		4577	
Volumen muestra (cm ³)	2297.17		2310.25		2311.31	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.721		1.953		1.980	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	30.9	31.0	30.3	30.8	30.9	30.8
Masa suelo hum+recip. (gr)	245.6	256.7	287.5	278.3	237.5	244.6
Masa suelo seco+recip. (gr)	211.9	221.1	245.7	238.2	203.8	209.6
Masa de agua (gr)	33.7	35.6	41.8	40.1	33.7	35
Masa suelo seco (gr)	181	190.1	215.4	207.4	172.9	178.8
Contenido de humedad W%	18.62%	18.73%	19.41%	19.33%	19.49%	19.57%
Promedio W%	18.67%		19.37%		19.53%	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.450		1.636		1.657	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11464		10902		10362	
Masa Molde (gr)	6932		6254		5758	
Masa muestra húmeda (gr)	4532		4648		4604	
Volumen muestra (cm ³)	2297.17		2310.25		2311.31	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.973		2.012		1.992	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	30.9	30.8	31.2	31.1	39	38.9
Masa suelo hum+recip. (gr)	254.3	257.8	235.2	228.4	198.6	187.2
Masa suelo seco+recip. (gr)	216.9	217.4	201.6	195.8	170.9	161.9
Masa de agua (gr)	37.4	40.4	33.6	32.6	27.7	25.3
Masa suelo seco (gr)	186	186.6	170.4	164.7	131.9	123
Contenido de humedad W%	20.11%	21.65%	19.72%	19.79%	21.00%	20.57%
Promedio W%	20.88%		19.76%		20.78%	

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	0.00	0	0.00
0.025	63.8	21.27	84.3	28.10	137.2	45.73
0.050	143.2	47.73	154.8	51.60	252.6	84.20
0.075	183.7	61.23	215.9	71.97	338.3	112.77
0.100	255.4	85.13	277.1	92.37	425.8	141.93
0.200	421.4	140.47	513.4	171.13	740.2	246.73
0.300	606.5	202.17	740.5	246.83	1060.8	353.60
0.400	808.3	269.43	980.3	326.77	1405.2	468.40
0.500	992.3	330.77	1200.5	400.17	1745.3	581.77

N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	85.13	8.51%	1.450	140.47	9.36%	1.450
B	92.37	9.24%	1.592	171.13	11.41%	1.592
C	141.93	14.19%	1.657	246.73	16.45%	1.657

Densidad Seca Máxima	1.591				
DSM		%CBR 0.1plg	%CBR 0.2plg	%CBR MAYOR	
95%	1.51	8.70%	10.30%	10.30%	



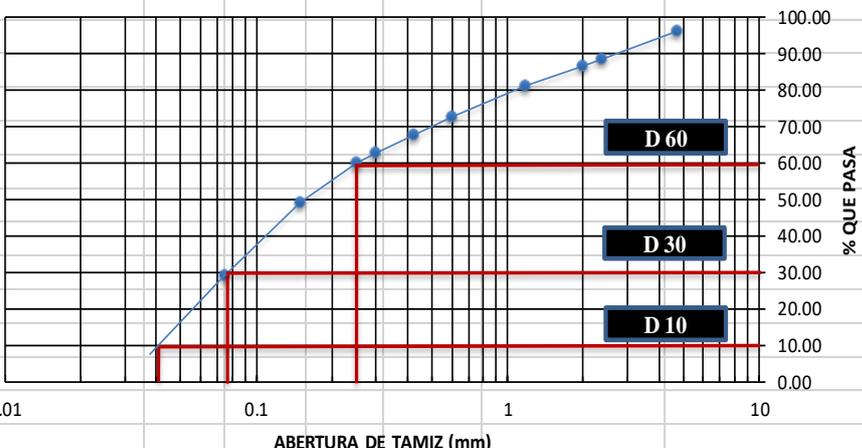
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 135: Ensayo 11 Contenido de Humedad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 				
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres			
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”			
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	25/5/2021			
ID. MUESTRA:	M11	NORMA:	AASHTO T 191 2014	
N° Recipiente		A	B	C
Peso Recipiente (gr)		26.5	25.1	21.6
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)		157.2	155.5	144.5
Peso suelo seco + recipiente (gr)		145.9	144.4	134.4
Peso de agua W_w (gr)		11.3	11.1	10.1
Peso suelo seco W_s (gr)		119.4	119.3	112.8
Contenido de humedad (W%)		9.46%	9.30%	8.95%
W Promedio (%)		9.24%		

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 136: Ensayo 11 Granulometría de Suelos Finos

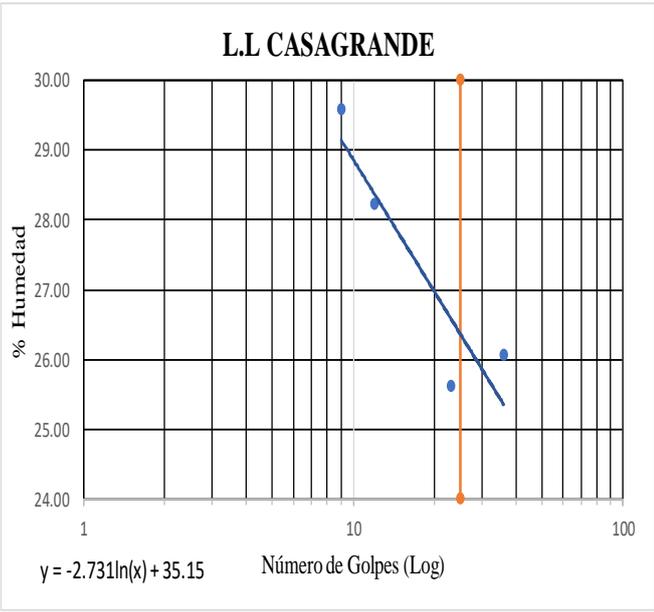
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL GRANULOMETRÍA DEL SUELO				
		NORMAS: ASTM: D421-58 D-422-63		AASHTO: 7-87-70 7-88-70		
REALIZADO POR:		Pilla Ortega Lenin Andres				
PROYECTO:		"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
UBICACIÓN:		Patate - El Sucre	ID MUESTRA:	M11	REVISADO POR:	
PESO MUESTRA:		1000 gr	FECHA:	14-jun-21	Ing. Milton Aldás	
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	
4	4.74	37.1	37.1	3.71	96.29	
8	2.36	76.4	113.5	11.35	88.65	
10	2	19.5	133.0	13.30	86.70	
16	1.18	56.2	189.2	18.92	81.08	
30	0.6	83.5	272.7	27.28	72.72	
40	0.425	50.1	322.8	32.29	67.71	
50	0.3	50.4	373.2	37.33	62.67	
60	0.25	26.5	399.7	39.98	60.02	
100	0.15	106.5	506.2	50.63	49.37	
200	0.075	200.3	706.5	70.66	29.34	
BANDEJA		293.3	999.8	100.00		
RESULTADOS						
TNM	2	Cu	5.81	Error Permitido	1.00%	
D10	0.043					
D30	0.1	Cc	0.93	Error Calculado	0.02%	
D60	0.25					
PORCENTAJE DE MATERIAL						
	Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)			
SUCS	0	70.66	29.34			
AASHTO	13.30	57.36	29.34			
Curva de Distribución Granulométrica						
 <p>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 passing, ranging from 0.00 to 100.00. A smooth curve is drawn through the data points. Three specific points are highlighted with red lines and labeled: D10 at approximately 0.075 mm (29.34% passing), D30 at 0.15 mm (49.37% passing), and D60 at 0.25 mm (60.02% passing).</p>						

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 137: Ensayo 11 Límite Líquido

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres							
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"							
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre			REVISADO POR:			Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M11			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
FECHA:	21/06/2021			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
Nº MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
Nº RECIPIENTE	A	B	C	D	E	F	G	H
PESO DEL RECIPIENTE W_r (gr)	11.5	11.6	11	11.8	11.4	12.2	11.4	11.5
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	31	24	35.2	33	31.5	33.3	28.8	29.9
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	26.5	21.2	29.8	28.4	27.4	29	25.2	26.1
PESO AGUA (W_w) (gr)	4.5	2.8	5.4	4.6	4.1	4.3	3.6	3.8
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	15	9.6	18.8	16.6	16	16.8	13.8	14.6
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	30.00	29.17	28.72	27.71	25.63	25.60	26.09	26.03
PROMEDIO W%	29.58		28.22		25.61		26.06	
NÚMERO DE GOLPES	9		12		23		36	
LÍMITE LÍQUIDO L.L. (%)	26.36							

L.L CASAGRANDE



$y = -2.731\ln(x) + 35.15$ Número de Golpes (Log)

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 138: Ensayo 11 Límite Plástico

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Pilla Ortgea Lenin Andres				
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre		REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M11				
FECHA:	21/06/2021		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	10.7	6.3	10.8	15.3
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	7.1	11.7	6.8	11.7	16.3
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	6.9	11.5	6.7	11.5	16.1
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	0.9	0.8	0.4	0.7	0.8
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	22.22	25.00	25.00	28.57	25.00
PROMEDIO W%	25.16				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	26.36				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	25.16				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	1.20				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-2-4				
SUCS	SM				

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 139: Ensayo 11 Densidad de Campo

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”		
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	FECHA:	26/7/2021
ID. DE MUESTRA:	M11	NORMA:	ASTM D 1556-82
REALIZADO POR:	Lenin Pilla	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
NORMA ASTM D 1556-82			
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAÍDO			
Peso suelo + recipiente (gr)	1230.00		
Peso recipiente (Funda)(gr)	4.00		
Peso del suelo (Wm) (gr)	1226.00		
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)	4490.00		
Lectura final frasco + cono + arena (gr)	1715.00		
Peso arena en el cono (gr)	1629.00		
Peso arena en el hueco (gr)	1146.00		
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm ³)	1.582		
Volumen del hueco Vm (cm ³)	724.40		
3) DETERMINACIÓN DEL $\omega\%$			
Recipiente N°	A	B	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)	239.30	226.40	
Peso muestra seca + recipiente (gr)	212.30	199.50	
Peso recipiente (gr)	30.30	31.20	
Peso agua Wω (gr)	27.00	26.90	
Peso sólidos W_s (gr)	182.00	168.30	
$\omega\%$	14.84	15.98	
PROMEDIO $\omega\%$	15.41		
4) CALIBRACIÓN DEL CONO			
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)	1629.00		
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA			
Densidad sand (gr/cm ³)	1.582		
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	V _v =	50.25	-
V _a =	W _a =	23.25	0.00
V _w =	W _w =	27	27.00
V _s =	W _s =	73.24	182.00
V _m =	W _m =	123.49	209.00
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1.69		gr/cm ³
Densidad seca (γ_d)	1.47		gr/cm ³
Contenido de humedad $\omega\%$	15.41		%
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$	0.69		natural
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$	40.69		%
Grado de Saturación de agua $G_{\omega}\% = V_w / V_v * 100$	53.73		%
Grado de Saturación de aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$	46.27		%

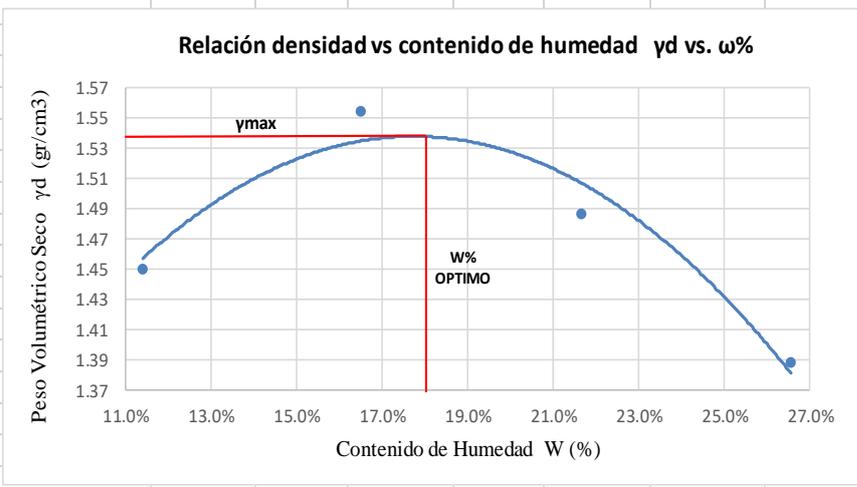
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 140: Ensayo 11 Gravedad Específica

 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:	Lenin Andres Pilla Ortega	
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”	
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	
ID. MUESTRA	M11	
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	28/6/2021	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
PESO DEL PICNÓMETRO	163.10	gr
TEMPERATURA DEL AGUA	21.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	662.40	gr
PESO DEL AGUA	499.30	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	28.70	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	691.10	gr
PESO RECIPIENTE	256.30	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	305.00	gr
PESO MUESTRA SECA	48.70	gr
Ws + Wbw	711.10	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	20.00	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9980	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.48	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 141: Ensayo 11 Proctor Modificado Tipo B

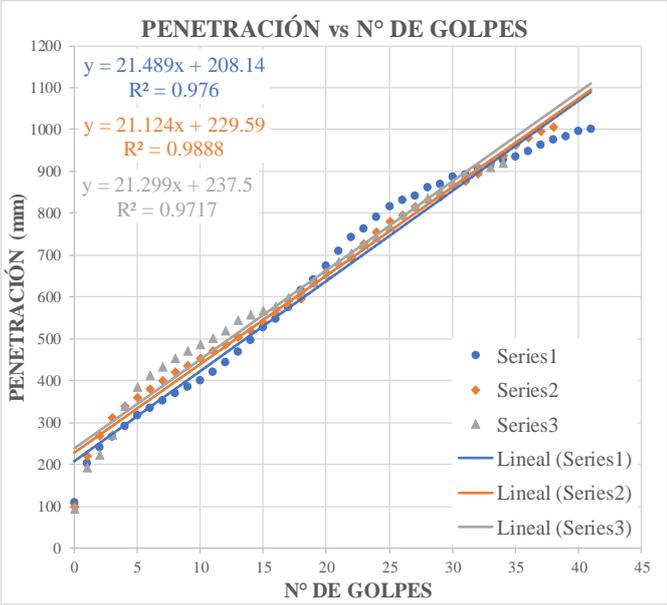
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B"								
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres							
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"							
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás					
ID. DE MUESTRA:	M11	NORMA:	AASHTO T- 180					
FECHA:	5/07/2021							
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
N° de Golpes:	56	N° capas:	5					
Altura de caída:	18' o 1.5ft	P. molde:	12788 gr					
Energía de compactación:	55986 lb/ft ³	Diámetro:	15.16 cm					
		P. martillo:	10 lb					
		Vol. molde:	2409.74 cm ³					
		Altura:	13.35 cm					
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo número	1	2	3					
Peso inicial deseado	6000	6000	6000					
Humedad inicial añadida	10	15	20					
P. molde + suelo húmedo	16681	17153	17146					
Peso suelo húmedo	3893	4365	4358					
Peso unitario húmedo γ_m	1.616	1.811	1.808					
			4					
			6000					
			25					
			17023					
			4235					
			1.757					
2. CONTENIDO DE HUMEDAD								
# Recipiente	A	B	C	D	E	F	G	H
R. + Suelo húmedo	164.9	163.3	163.0	154.0	162.6	168.2	240.0	214.0
R. + Suelo seco	151.3	149.6	144.2	136.6	139.2	143.8	196.2	175.5
Peso agua	13.6	13.7	18.8	17.4	23.4	24.4	43.8	38.5
Peso recipiente	30.3	30.9	30.6	30.9	31.3	30.9	30.7	31.0
Peso suelo seco	121	118.7	113.6	105.7	107.9	112.9	165.5	144.5
Contenido humedad $\omega\%$	11.24%	11.54%	16.55%	16.46%	21.69%	21.61%	26.47%	26.64%
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	11.39%		16.51%		21.65%		26.55%	
Densidad seca γ_d	1.45		1.55		1.49		1.39	
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 1.539 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 18.2 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 142: Ensayo 11 DCP

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03		
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres	
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"	
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	REVISADO POR: Ing. Milton Aldás
ID. DE MUESTRA:	M11	
FECHA:	26/07/2021	NORMA: ASTM D 6951 03

ENSAYO DCP			
Golpes	Penetración (mm)		
	P1	P2	P3
0	110	100	94
1	202	221	193
2	240	269	224
3	267	311	272
4	293	341	340
5	317	361	385
6	335	380	414
7	352	400	434
8	370	420	454
9	385	436	473
10	402	455	488
11	422	472	503
12	445	487	521
13	468	505	545
14	496.0	521	559
15	527.0	540	568
16	548	561	578
17	575	580	598
18	615	596	617
19	642	635	636
20	675	658	654
21	710	679	684
22	742	691	704
23	762	728	724
24	790	755	744
25	815	781	769
26	832	796	797
27	842	815	817
28	863	831	836
29	870	840	854
30	886	867	873
31	893	878	891
32	907	896	910
33	915	919	911
34	927	938	921
35	936	962	
36	948	980	
37	964	996	
38	976	1006	
39	984		
40	996		
41	1000		



DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	21.30
2	
3	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

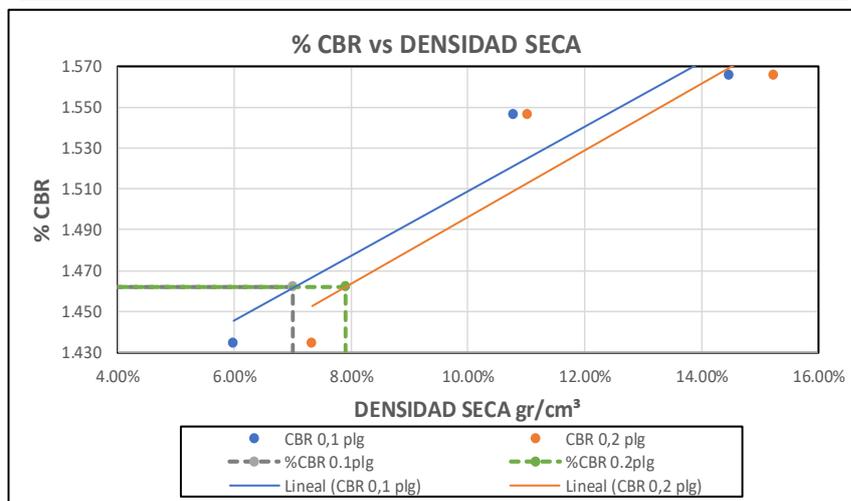
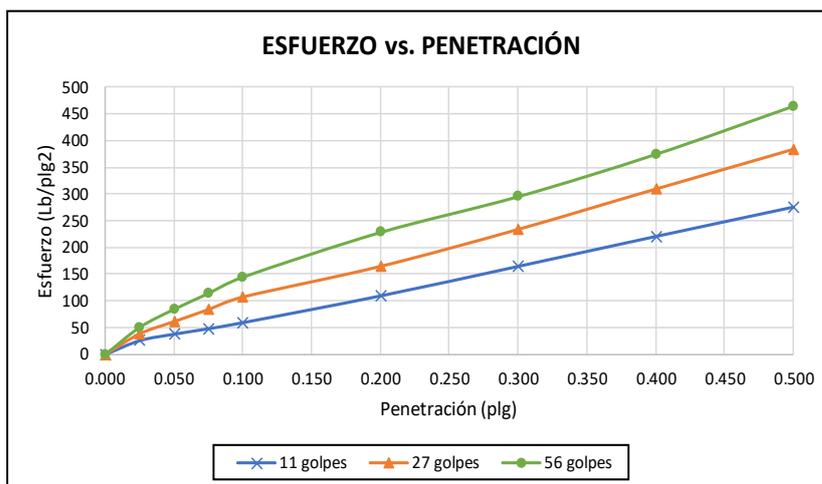
Tabla 143: Ensayo 11 CBR

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
REALIZADO POR:	Lenin Andres Pilla Ortega					
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"					
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre			REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M11			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	12/07/2021			Wópt:	18.2	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.11	Diámetro	15.15	Diámetro	15.18
	Altura	12.67	Altura	12.77	Altura	12.79
Nº de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	12125		10122		11399	
Masa Molde (gr)	8206		5828		7018	
Masa muestra húmeda (gr)	3919		4294		4381	
Volumen muestra (cm3)	2271.87		2301.94		2314.68	
Peso unitario húmedo (gr/cm3)	1.725		1.865		1.893	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
Nº Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	32.6	31.1	30.2	32.3	31.6	30.2
Masa suelo hum+recip. (gr)	282.8	256.9	270.8	284.3	275.3	281
Masa suelo seco+recip. (gr)	240.5	219	229.7	241.2	233.3	237.5
Masa de agua (gr)	42.3	37.9	41.1	43.1	42	43.5
Masa suelo seco (gr)	207.9	187.9	199.5	208.9	201.7	207.3
Contenido de humedad W%	20.35%	20.17%	20.60%	20.63%	20.82%	20.98%
Promedio W%	20.26%		20.62%		20.90%	
Peso unitario seco (gr/cm3)	1.434		1.547		1.565	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	12457		10247		11423	
Masa Molde (gr)	8206		5828		7018	
Masa muestra húmeda (gr)	4251		4419		4405	
Volumen muestra (cm3)	2271.87		2301.94		2314.68	
Peso unitario húmedo (gr/cm3)	1.871		1.920		1.903	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Nº Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	33.2	32.3	30.3	32	32.6	29
Masa suelo hum+recip. (gr)	260.4	246.6	251	262.4	259.4	260.4
Masa suelo seco+recip. (gr)	218	206.7	211	223.4	219.1	221.1
Masa de agua (gr)	42.4	39.9	40	39	40.3	39.3
Masa suelo seco (gr)	184.8	174.4	180.7	191.4	186.5	192.1
Contenido de humedad W%	22.94%	22.88%	22.14%	20.38%	21.61%	20.46%
Promedio W%	22.91%		21.26%		21.03%	

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	0.00	0	0.00
0.025	78.2	26.07	116.6	38.87	152.3	50.77
0.050	114.6	38.20	185.2	61.73	253.8	84.60
0.075	145.3	48.43	253.2	84.40	343	114.33
0.100	179.3	59.77	323.4	107.80	434.3	144.77
0.200	329.6	109.87	495.6	165.20	685.2	228.40
0.300	495.3	165.10	703.1	234.37	886	295.33
0.400	663.2	221.07	929.5	309.83	1123.2	374.40
0.500	828.2	276.07	1152.7	384.23	1393.3	464.43

N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	59.77	5.98%	1.434	109.87	7.32%	1.434
B	107.80	10.78%	1.547	165.20	11.01%	1.547
C	144.77	14.48%	1.565	228.40	15.23%	1.565

Densidad Seca Máxima	1.539					
DSM		%CBR 0.1plg	%CBR 0.2plg	%CBR MAYOR		
95%	1.46	7.00%	7.90%	7.90%		



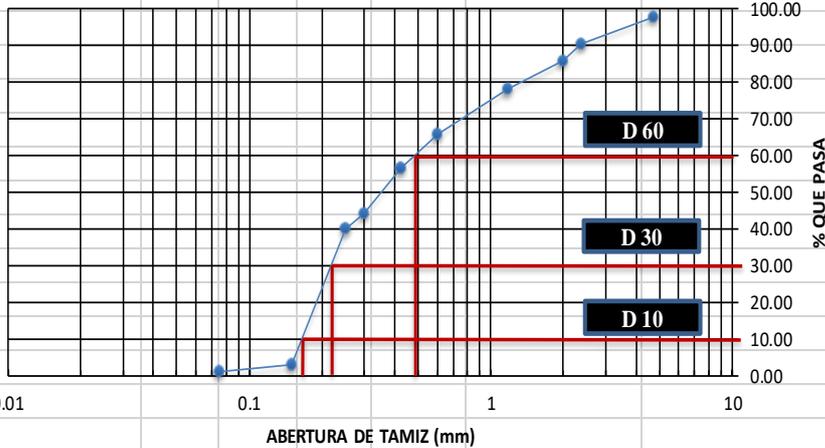
Fuente: Lenin Andras Pilla Ortega

Tabla 144: Ensayo 12 Contenido de humedad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD 				
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres			
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”			
UBICACIÓN:	Patate- El Sucre	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	25/5/2021			
ID. MUESTRA:	M12	NORMA:	AASHTO T 191 2014	
Nº Recipiente		A	B	C
Peso Recipiente (gr)		33.5	31.9	32.0
Peso suelo húmedo + recipiente (gr)		171.5	176.0	183.4
Peso suelo seco + recipiente (gr)		160.6	162.3	169.4
Peso de agua W_w (gr)		10.9	13.7	14.0
Peso suelo seco W_s (gr)		127.1	130.4	137.4
Contenido de humedad (W%)		8.58%	10.51%	10.19%
W Promedio (%)		9.76%		

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 145: Ensayo 12 Granulometría de Suelos Finos

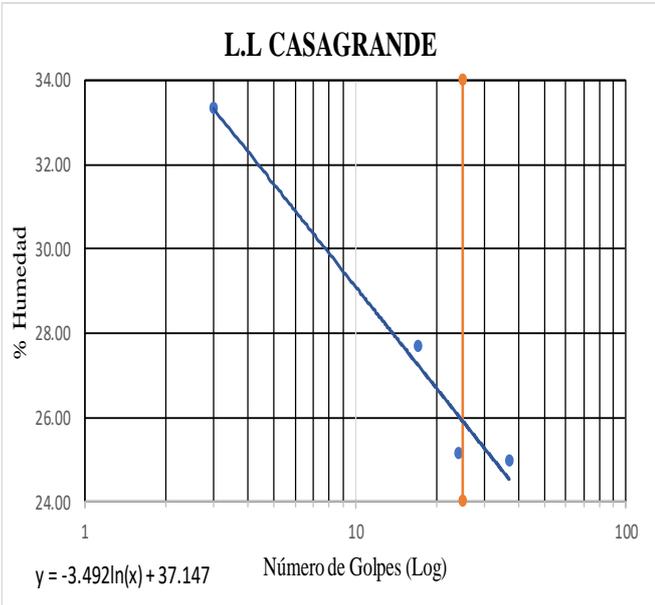
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL GRANULOMETRÍA DEL SUELO				
		NORMAS: ASTM: D421-58 D-422-63 AASHTO: 7-87-70 7-88-70				
REALIZADO POR:		Pilla Ortega Lenin Andres				
PROYECTO:		"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
UBICACIÓN:		Patate - El Sucre	ID MUESTRA:	M12	REVISADO POR:	
PESO MUESTRA:		1000 gr	FECHA:	14-jun-21	Ing. Milton Aldás	
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	
4	4.74	21.5	21.5	2.15	97.85	
8	2.36	74.8	96.3	9.64	90.36	
10	2	43.9	140.2	14.03	85.97	
16	1.18	77.5	217.7	21.79	78.21	
30	0.6	125.3	343.0	34.33	65.67	
40	0.425	89.2	432.2	43.26	56.74	
50	0.3	125.6	557.8	55.84	44.16	
60	0.25	40.5	598.3	59.89	40.11	
100	0.15	372.0	970.3	97.13	2.87	
200	0.075	18.6	988.9	98.99	1.01	
BANDEJA		10.1	999.0	100.00		
RESULTADOS						
TNM	2	Cu	2.88	Error Permitido	1.00%	
D10	0.17					
D30	0.22					
D60	0.49	Cc	0.58	Error Calculado	0.10%	
PORCENTAJE DE MATERIAL						
		Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)		
SUCS		0	98.99	1.01		
AASHTO		14.03	84.95	1.01		
Curva de Distribución Granulométrica						
 <p>The graph plots the percentage of material 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 material passing, ranging from 0.00 to 100.00. Key points are marked: D10 at approximately 0.15 mm (2.87% passing), D30 at 0.425 mm (43.26% passing), and D60 at 0.25 mm (59.89% passing).</p>						

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 146: Ensayo 12 Límite Líquido

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE								
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres							
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"							
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre			REVISADO POR:			Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M12			NORMA:			AASHTO: T- 90-70	
FECHA:	21/06/2021			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)	11.5	11.7	10.9	17.7	11.3	11.3	10.9	11.5
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r) (gr)	28.7	28.5	26.8	28	27.8	28.3	25	29.4
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	24.3	24.4	23.3	25.8	25.6	23.9	22.2	25.8
PESO AGUA (W_w) (gr)	4.4	4.1	3.5	2.2	2.2	4.4	2.8	3.6
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	12.8	12.7	12.4	8.1	14.3	12.6	11.3	14.3
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	34.38	32.28	28.23	27.16	15.38	34.92	24.78	25.17
PROMEDIO W%	33.33		27.69		25.15		24.98	
NÚMERO DE GOLPES	3		17		24		37	
LÍMITE LÍQUIDO L.L (%)	25.91							

L.L CASAGRANDE



$y = -3.492\ln(x) + 37.147$

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 147: Ensayo 12 Límite Plástico

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
LÍMITE PLÁSTICO					
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres				
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre		REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M12				
FECHA:	21/06/2021		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)	6.2	10.8	10.6	10.8	6.1
PESO HÚMEDO + RECIPIENTE (W_m+W_r)(gr)	6.7	11.9	11.9	11.3	7.3
PESO SECO + RECIPIENTE (W_s+W_r) (gr)	6.6	11.7	11.6	11.2	7.1
PESO AGUA (W_w) (gr)	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2
PESO DE LA MUESTRA SECA (W_s)	0.4	0.9	1	0.4	1
CONTENIDO DE HUMEDAD W%	25.00	22.22	30.00	25.00	20.00
PROMEDIO W%	24.44				
LÍMITES DE ATTERBERG					
LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	25.91				
LÍMITE PLÁSTICO LP (%)	24.44				
ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)	1.47				
CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
AASHTO	A-2-4				
SUCS	SP				

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 148: Ensayo 12 Densidad de Campo

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”		
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	FECHA:	26/7/2021
ID. DE MUESTRA:	M12	NORMA:	ASTM D 1556-82
REALIZADO POR:	Lenin Pilla	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
NORMA ASTM D 1556-82			
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAÍDO			
Peso suelo + recipiente (gr)			1276.00
Peso recipiente (Funda)(gr)			4.00
Peso del suelo (Wm) (gr)			1272.00
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO			
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)			4500.00
Lectura final frasco + cono + arena (gr)			1645.00
Peso arena en el cono (gr)			1629.00
Peso arena en el hueco (gr)			1226.00
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm ³)			1.582
Volumen del hueco Vm (cm ³)			774.97
3) DETERMINACIÓN DEL $\omega\%$			
Recipiente N°			A B
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)			209.90 211.70
Peso muestra seca + recipiente (gr)			183.20 184.90
Peso recipiente (gr)			29.00 32.60
Peso agua Wω (gr)			26.70 26.80
Peso sólidos W_s (gr)			154.20 152.30
$\omega\%$			17.32 17.60
PROMEDIO $\omega\%$			17.46
4) CALIBRACIÓN DEL CONO			
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)			1629.00
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA			
Densidad sand (gr/cm ³)			1.582
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Pesos
Volumen de vacíos	V _v =	42.37	-
V _a =	W _a =	15.67	0.00
V _w =	W _w =	26.7	26.70
V _s =	W _s =	67.84	154.20
V _m =	W _m =	110.21	180.90
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICES DEL SUELO			
Peso Volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)			1.64 gr/cm ³
Densidad seca (γ_d)			1.40 gr/cm ³
Contenido de humedad $\omega\%$			17.46 %
Relación de vacíos $e = V_v / V_s$			0.62 natural
Porosidad $n\% = V_v / V_m * 100$			38.45 %
Grado de Saturación de agua $G\omega\% = V_w / V_v * 100$			63.01 %
Grado de Saturación de aire $G_a\% = V_a / V_v * 100$			36.99 %

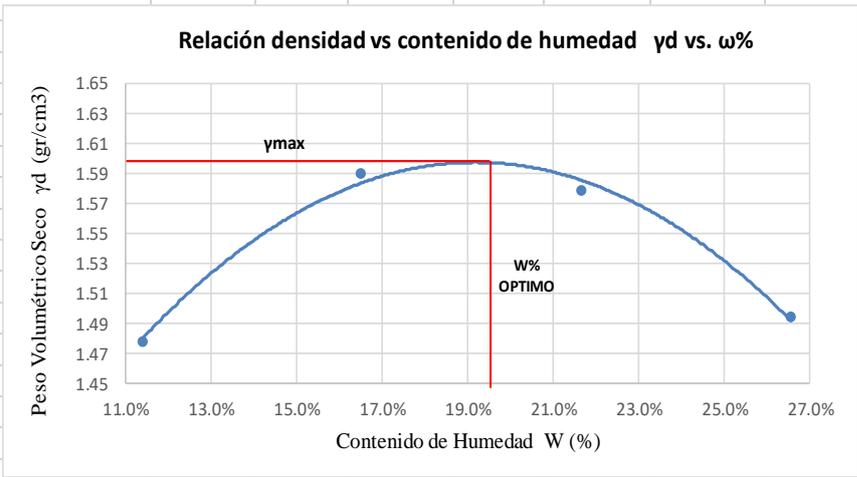
Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 149: Ensayo 12 Gravedad Específica

 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:	Lenin Andres Pilla Ortega	
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”	
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	
ID. MUESTRA	M12	
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
FECHA:	28/6/2021	
NORMA:	(AASHTO T- 100; ASTM D 854 58)	
GRAVEDAD ESPECÍFICA		
PESO DEL PICNÓMETRO	163.10	gr
TEMPERATURA DEL AGUA	22.00	C
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA	662.20	gr
PESO DEL AGUA	499.10	gr
PESO MUESTRA DE SUELO	27.00	gr
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO (Wbws)	689.20	gr
PESO RECIPIENTE	169.40	gr
PESO RECIPIENTE +MUESTRA SECA	218.40	gr
PESO MUESTRA SECA	49.00	gr
Ws + Wbw	711.20	gr
DESPLAZAMIENTO DE AGUA (Ws+Wbw) - Wbws	22.00	gr
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0.9978	gr
Gravedad Específica (Gs)	2.27	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 150: Ensayo 12 Proctor Modificado Tipo B

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO "B" 								
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres							
PROYECTO:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”							
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre							
ID. DE MUESTRA:	M12							
FECHA:	5/07/2021							
REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás							
NORMA:	AASHTO T- 180							
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
Nº de Golpes:	56							
Nº capas:	5							
P. martillo:	10 lb							
Altura de caída:	18' o 1.5ft							
P. molde:	12788 gr							
Vol. molde:	2409.74 cm ³							
Energía de compactación:	55986 lb/ft/ft ³							
Diámetro:	15.16 cm							
Altura:	13.35 cm							
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo número	1							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	10							
P. molde + suelo húmedo	16755							
Peso suelo húmedo	3967							
Peso unitario húmedo γ_m	1.646							
Ensayo número	2							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	15							
P. molde + suelo húmedo	17253							
Peso suelo húmedo	4465							
Peso unitario húmedo γ_m	1.853							
Ensayo número	3							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	20							
P. molde + suelo húmedo	17416							
Peso suelo húmedo	4628							
Peso unitario húmedo γ_m	1.921							
Ensayo número	4							
Peso inicial deseado	6000							
Humedad inicial añadida	25							
P. molde + suelo húmedo	17346							
Peso suelo húmedo	4558							
Peso unitario húmedo γ_m	1.891							
2. CONTENIDO DE HUMEDAD								
# Recipiente	A	B	C	D	E	F	G	H
R. + Suelo húmedo	164.9	163.3	163.0	154.0	162.6	168.2	240.0	214.0
R. + Suelo seco	151.3	149.6	144.2	136.6	139.2	143.8	196.2	175.5
Peso agua	13.6	13.7	18.8	17.4	23.4	24.4	43.8	38.5
Peso recipiente	30.3	30.9	30.6	30.9	31.3	30.9	30.7	31.0
Peso suelo seco	121	118.7	113.6	105.7	107.9	112.9	165.5	144.5
Contenido humedad $\omega\%$	11.24%	11.54%	16.55%	16.46%	21.69%	21.61%	26.47%	26.64%
Cont. Humedad prom. $\omega\%$	11.39%		16.51%		21.65%		26.55%	
Densidad seca γ_d	1.48		1.59		1.58		1.49	
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 1.599 gr/cm³, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo (W ópt) de 19.6 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.</p>								

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 151: Ensayo 12 DCP

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
ENSAYO DCP - ASTM D 6951 03			
REALIZADO POR:	Pilla Ortega Lenin Andres		
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"		
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre	REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás
ID. DE MUESTRA:	M12		
FECHA:	26/07/2021	NORMA:	ASTM D 6951 03
10			
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	658	663
25	675	667	673
26	693	690	693
27	719	725	735
28	769	790	790
29	800	825	805
30	855	878	855
31	872	868	884
32	910	908	895
33	925	915	906
34	937	927	921
35	942	937	931
36	955	945	955

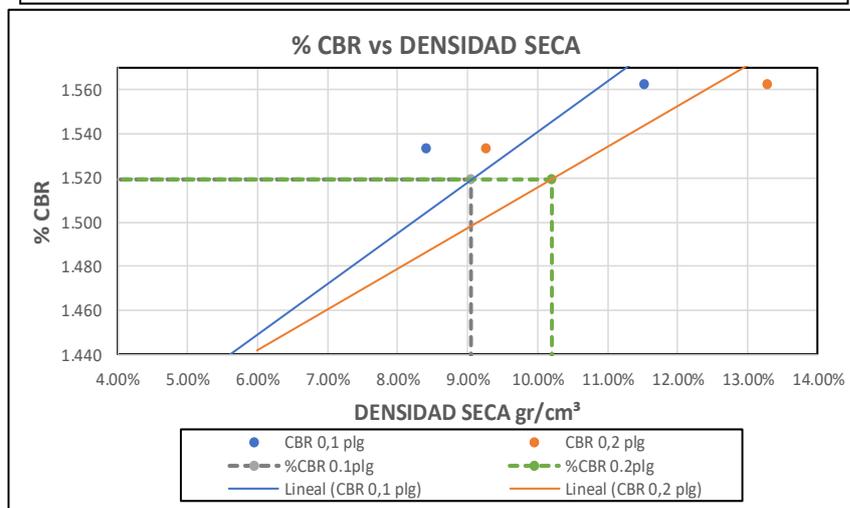
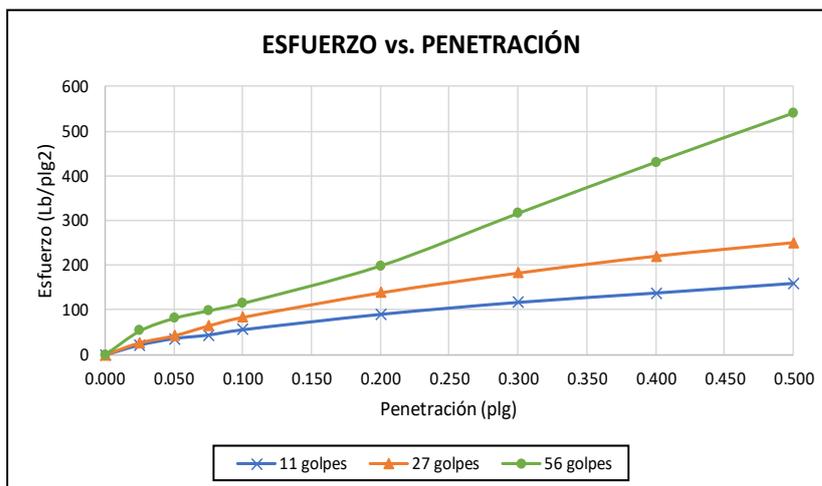
DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	25.93
2	
3	

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 152: Ensayo 12 CBR

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
REALIZADO POR:	Lenin Andres Pilla Ortega					
PROYECTO:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS LOS ANDES Y EL SUCRE DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"					
UBICACIÓN:	Patate - El Sucre			REVISADO POR:	Ing. Milton Aldás	
ID. DE MUESTRA:	M12			NORMA:	ASTM D-1883	
FECHA:	12/07/2021			Wópt:	19.6	
MOLDE	A		B		C	
DIMENSIONES	Diámetro	15.15	Diámetro	15.18	Diámetro	15.11
	Altura	12.77	Altura	12.79	Altura	12.67
N° de golpes	11		27		56	
Muestra húmeda + molde (gr)	9782		11318		12491	
Masa Molde (gr)	5828		7018		8206	
Masa muestra húmeda (gr)	3954		4300		4285	
Volumen muestra (cm ³)	2301.94		2314.68		2271.87	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.718		1.858		1.886	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde	Bandeja	Molde
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	30.8	30.9	31.1	31.2	30.8	31.1
Masa suelo hum+recip. (gr)	275.6	284.2	259.4	248.3	214.6	219.5
Masa suelo seco+recip. (gr)	233.8	241.1	219.5	210.4	183.1	187.1
Masa de agua (gr)	41.8	43.1	39.9	37.9	31.5	32.4
Masa suelo seco (gr)	203	210.2	188.4	179.2	152.3	156
Contenido de humedad W%	20.59%	20.50%	21.18%	21.15%	20.68%	20.77%
Promedio W%	20.55%		21.16%		20.73%	
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1.425		1.533		1.562	
DESPÚES DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10112		11441		12515	
Masa Molde (gr)	5828		7018		8206	
Masa muestra húmeda (gr)	4284		4423		4309	
Volumen muestra (cm ³)	2301.94		2314.68		2271.87	
Peso unitario húmedo (gr/cm ³)	1.861		1.911		1.897	
CONTENIDO DE HUMEDAD	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
N° Recipiente	A	B	C	D	E	F
Masa del recipiente	31.1	30.9	30.8	30.9	30.9	30.9
Masa suelo hum+recip. (gr)	247.3	256.7	189.5	197.2	269.4	275.1
Masa suelo seco+recip. (gr)	207.5	213.3	160.2	166.5	226.9	231.2
Masa de agua (gr)	39.8	43.4	29.3	30.7	42.5	43.9
Masa suelo seco (gr)	176.4	182.4	129.4	135.6	196	200.3
Contenido de humedad W%	22.56%	23.79%	22.64%	22.64%	21.68%	21.92%
Promedio W%	23.18%		22.64%		21.80%	

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	0.00	0	0.00
0.025	65.8	21.93	80.9	26.97	159.6	53.20
0.050	108.5	36.17	128.2	42.73	245.2	81.73
0.075	132.2	44.07	194.5	64.83	296.2	98.73
0.100	167.5	55.83	252.5	84.17	345.8	115.27
0.200	269.5	89.83	416.9	138.97	597.5	199.17
0.300	349.2	116.40	550.1	183.37	950.3	316.77
0.400	411.3	137.10	663.8	221.27	1293.2	431.07
0.500	475.5	158.50	754.9	251.63	1623.5	541.17
.						
N° MOLDE	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 plg	Densidad seca
A	55.83	5.58%	1.425	89.83	5.99%	1.425
B	84.17	8.42%	1.533	138.97	9.26%	1.533
C	115.27	11.53%	1.562	199.17	13.28%	1.562
Densidad Seca Máxima			1.599			
DSM		%CBR 0.1plg		%CBR 0.2plg		%CBR MAYOR
95%		1.52		9.05%		10.20%
				10.20%		



Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

ANEXO C

CONTEO

VEHICULAR

Tabla 153: Conteo de Tráfico Vehicular 1

Fecha			Lunes 13 de septiembre de 2021							
Lugar			Via Patate - Los Andes centro de Poatug							
Horas			Livianos			Buses			Camiones	Total
			Automoviles	Camionetas	Motos	Livianos	Medianos	Pesados		
7	0	15	3	4	1			1	2	11
7	15	30	2	4	1	1			1	9
7	30	45	3	5		1	2			11
7	45	8	4	4	2		1	1		12
8	0	15	2	4		1			1	8
8	15	30	3	3		1	1			8
8	30	45	2	3				1	1	7
8	45	9	3	2		1				6
9	0	15	4	1			1			6
9	15	30	2	2		1	1		1	7
9	30	45	3	2	2	1			2	10
9	45	10	2	3				1	1	7
10	0	15	2	2		1				5
10	15	30	3	2			1		1	7
10	30	45	2	3			1			6
10	45	11	3	2				1	0	6
11	0	15	3	3					1	7
11	15	30	4	2		1				7
11	30	45	1	2		1	1			5
11	45	12	4	1			1	1	1	8
12	0	15	3	2		1				6
12	15	30	2	1			2			5
12	30	45	1	3		1			1	6
12	45	13	2	4	1				1	8
13	0	15	1	2					1	4
13	15	30	2	1	1			1		5
13	30	45	3	2			1			6
13	45	14	3	2					1	6
14	0	15	2	2			1			5
14	15	30	3	2					1	6
14	30	45	2	4		1			1	8
14	45	15	3	2			1			6
15	0	15	2	1						3
15	15	30	3	2						5
15	30	45	1	2					1	4
15	45	16	1	3		1	1			6
16	0	15	3	3		1				7
16	15	30	1	1			1		1	4
16	30	45	1	2		1				4
16	45	17	1	2	1					4
17	0	15	3	5						8
17	15	30	4	3		1	1			9
17	30	45	2	4						6
17	45	18	4	3			1			8
18	0	15	4	2						6
18	15	30	4	3		1				8
18	30	45	2	5					1	8
18	45	19	1	3						4

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 154: Conteo de Tráfico Vehicular 2

Fecha			Martes 14 de septiembre de 2021							
Lugar			Via Patate - Los Andes centro de Poatug							
Horas			Livianos			Buses			Camiones	Total
			Automoviles	Camionetas	Motos	Livianos	Medianos	Pesados		
7	0	15	5	4		1			1	11
7	15	30	3	4					1	8
7	30	45	4	6			2			12
7	45	8	2	5						7
8	0	15	3	5		1				9
8	15	30	5	4				1		10
8	30	45	2	4						6
8	45	9	3	2		1				6
9	0	15	2	3	1					6
9	15	30	3	3			1			7
9	30	45	4	4						8
9	45	10	2	1		1		1		5
10	0	15	4		3	1				8
10	15	30	3	2			1			6
10	30	45	1	2						3
10	45	11	2	2				1		5
11	0	15	2	3		1		1		7
11	15	30	1	2						3
11	30	45	3	2						5
11	45	12	2	3						5
12	0	15	2	2				1		5
12	15	30	1	3						4
12	30	45	2	3	1	1		1		8
12	45	13	2	3						5
13	0	15	2	2						4
13	15	30	2	3			1			6
13	30	45	2	3			1			6
13	45	14	3	2				1		6
14	0	15	2	2	1	1				6
14	15	30	1	2						3
14	30	45	2	3			1			6
14	45	15	3	2						5
15	0	15	3	3						6
15	15	30	2	2						4
15	30	45	1	2				1		4
15	45	16	2	2			1			5
16	0	15	2	1						3
16	15	30	1	2			1			4
16	30	45	1	3						4
16	45	17	2	1						3
17	0	15	3	4						7
17	15	30	4	4		1	1			10
17	30	45	2	5						7
17	45	18	4	3						7
18	0	15	3	2						5
18	15	30	3	3		1				7
18	30	45	2	3						5
18	45	19	2	4						6

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 155: Conteo de Tráfico Vehicular 3

Fecha			Jueves 16 de septiembre de 2021							
Lugar			Via Patate - Los Andes centro de Poatug							
Horas			Livianos			Buses			Camiones	Total
			Automoviles	Camionetas	Motos	Livianos	Medianos	Pesados		
7	0	15	4	4		1			2	11
7	15	30	3	5						8
7	30	45	5	4			2	1		12
7	45	8	2	6						8
8	0	15	3	4						7
8	15	30	2	5		1		1	1	10
8	30	45	4	6	1	2				13
8	45	9	2	4						6
9	0	15	2	4						6
9	15	30	3	3			2		1	9
9	30	45	4	3		2				9
9	45	10	4	4	1				1	10
10	0	15	2	3						5
10	15	30	3	5			1			9
10	30	45	2	2						4
10	45	11	2	4			1			7
11	0	15	3	2		1			1	7
11	15	30	1	2						3
11	30	45	3	2					1	6
11	45	12	2	4			1		1	8
12	0	15	2	3			1			6
12	15	30	1	3						4
12	30	45	2	4		1				7
12	45	13	1	2						3
13	0	15	2	4			1			7
13	15	30	1	3					1	5
13	30	45	2	3						5
13	45	14	2	1				1		4
14	0	15	1	1						2
14	15	2	3	3	1					7
14	30	45	2	2						4
14	45	15	3	2	1					6
15	0	15	6							6
15	15	30	5	1						6
15	30	45	1						1	2
15	45	16	3	1		1				5
16	0	15	2	3	1		1			7
16	15	30	1	1						2
16	30	45	2	1						3
16	45	17	2	4						6
17	0	15	4	5					1	10
17	15	30	2	4			1			7
17	30	45	4	3			1			8
17	45	18	5	4					1	10
18	0	15	2	4	1					7
18	15	30	3	4		1				8
18	30	45	5	4	1					10
18	45	19	2	3						5

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega

Tabla 156: Conteo de Tráfico Vehicular 4

Fecha			Viernes 17 de septiembre de 2021							
Lugar			Via Patate - Los Andes centro de Poatug							
Horas			Livianos			Buses			Camiones	Total
			Automoviles	Camionetas	Motos	Livianos	Medianos	Pesados		
7	0	15	2	5		1		1	1	10
7	15	30	4	4	1				1	10
7	30	45	3	4		1		1		9
7	45	8	4	3					1	8
8	0	15	3	4						7
8	15	30	5	3		1	1		1	11
8	30	45	3	2				2	2	9
8	45	9	3	3	1					7
9	0	15	2	3						5
9	15	30	4	4		1	1			10
9	30	45	4	2						6
9	45	10	2	3					2	7
10	0	15	2	3						5
10	15	30	3	3			1			7
10	30	45	3	2						5
10	45	11	3	3	1				1	8
11	0	15	4	3					1	8
11	15	30	2	1						3
11	30	45	1	4	1					6
11	45	12	2	1					1	4
12	0	15	2	2						4
12	15	30	1	4	1					6
12	30	45	3	1						4
12	45	13	2	2			1			5
13	0	15	2	2						4
13	15	30	2	4					1	7
13	30	45	1	2				1		4
13	45	14	3	1						4
14	0	15	3	3						6
14	15	30	1	2			1		1	5
14	30	45	2	4	1					7
14	45	15	2	3					1	6
15	0	15	2	2			1			5
15	15	30	3	2						5
15	30	45	2	3	1				1	7
15	45	16	1	1		1				3
16	0	15	2	2			1			5
16	15	30	2	1						3
16	30	45	1	2			1			4
16	45	17	3	3						6
17	0	15	4	3					1	8
17	15	30	2	5			1			8
17	30	45	3	3	1	1				8
17	45	18	2	6						8
18	0	15	2	5						7
18	15	30	3		1	1				5
18	30	45	3	2			1		1	7
18	45	19	1	3			1			5

Fuente: Lenin Andrés Pilla Ortega