



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:

**“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP,
PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS
PARROQUIAS EL TINGO Y GUANGAJE DEL CANTÓN PUJILÍ,
PROVINCIA DE COTOPAXI”**

AUTOR: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

TUTOR: Ing. Milton Rodrigo Aldas Sánchez Ph.D.

AMBATO-ECUADOR

Marzo 2023

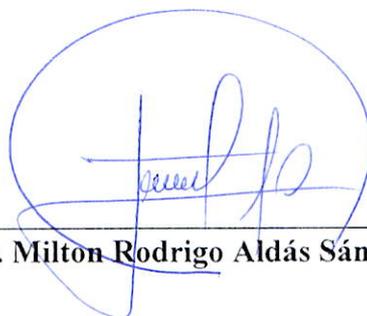
CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, con el tema: **“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS EL TINGO Y GUANGAJE DEL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI”**, elaborado por el señor Mayorga Viteri Bryan Joaquín, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 2200286520, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, marzo 2023



Ing. Milton Rodrigo Aldás Sánchez Ph.D.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Bryan Joaquín Mayorga Viteri**, con C.I. 2200286520, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema: **“ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS EL TINGO Y GUANGAJE DEL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, marzo 2023



Bryan Joaquín Mayorga Viteri
C.I. 2200286520
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, marzo 2023



Bryan Joaquín Mayorga Viteri
C.I. 2200286520
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Bryan Joaquín Mayorga Viteri, de la Carrera de Ingeniería Civil, bajo el tema: “ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS EL TINGO Y GUANGAJE DEL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI”.

Ambato, marzo 2023

Para constancia firman:



Ing. Mg. Wladimir Jose Ramirez Cabrera
Miembro Calificador



Ing. Mg. Maritza Elizabeth Ureña Aguirre
Miembro Calificador

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada en primera instancia a Dios quien ha sido aquel que me dio la vida y el entendimiento para poder culminar esta etapa más de mi vida.

En segundo lugar, le dedico este logro a toda mi familia quienes de una u otra manera han influido en mi tanto académica, económica y moralmente, sobre todo a mis padres Joaquín Mayorga y Camita Viteri quienes han sido el pilar fundamental no solo de este logro sino de todos los que he tenido y tendré a lo largo de mi vida, ya que ellos han sido quienes me han formado como persona, quienes han estado apoyándome desde que di mi primer aliento en este mundo.

A mis tíos Carlos Aldas y Sonia Sánchez quienes se han convertido prácticamente en mis segundos padres, ya que me han abierto las puertas de su hogar y me han cuidado como a un hijo más, desde que tenía 17 años hasta la actualidad han estado para mi apoyándome y cuidándome pese a que no era su responsabilidad hacerlo.

A mis amigos Javier Portero, Alison Ibarra, Jhimy Gómez quienes han aportado con conocimientos y apoyo, en este trabajo de titulación, y en lo personal han sido las únicas personas en quienes he podido confiar y a las cuales he podido acudir para cualquier consejo.

Bryan Joaquín Mayorga Viteri

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por ser aquel que me brindo salud, vida y entendimiento a lo largo de mi vida.

A mis padres les estaré eternamente agradecido por todo el apoyo que me han brindado, porque sin ellos jamás habría podido llegar a ser quien soy ahora, por todos sus consejos, enseñanzas y castigos, ya que eso me ha forjado como persona.

A la Universidad Técnica de Ambato ya que ha sido prácticamente como mi segunda casa y me brindado las herramientas suficientes para la realización de cada etapa de mi proyecto de titulación y a todos los ingenieros que forman parte de ella, sobre todo a los Ingenieros Fabio Portilla, Milton Aldas y a la Doctora Margarita Mariacela quienes me han brindado parte de su conocimiento para poder realizar este trabajo de titulación, les estaré muy agradecido ya que han formado parte de las personas en quien confié y a las que puedo acudir en caso de tener alguna duda.

A mis tíos Carlos Aldas y Sonia Sánchez por ser mi segundo padre y madre y apoyarme en todo el transcurso de mi vida universitaria, les agradezco por abrirme las puertas de su hogar y por cuidarme como a un hijo más.

A mis hermanos Andrés, Emily y Karen porque, aunque no lo demuestre son ellos el combustible que me motiva cada día a superarme, por eso les agradezco mucho por la paciencia y amor que me han brindado.

A mi prima Aracely Aldaz, a quien la considero como mi hermana mayor, ha sido la primer persona en quien he podido confiar y a quien me ha apoyado en todo el transcurso mi etapa colegial y a toda mi familia que de una u otra forma me han apoyado.

Bryan Joaquín Mayorga Viteri

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT	xx
CAPÍTULO 1.....	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.1.1 Antecedentes.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	5
1.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
1.3.1 Propiedades Índices	6
1.3.1.1 Contenido de Humedad.....	7
1.3.1.2 Peso Específico del suelo	7
1.3.1.3 Relación de Vacíos.....	8
1.3.1.4 Porosidad.....	8
1.3.1.5 Grado de Saturación de Agua.....	9
1.3.1.6 Grado de Saturación del aire.....	9
1.3.1.7 Gravedad Específica	10
1.3.1.8 Granulometría.....	10
1.3.1.9 Parámetros granulométricos.	11
1.3.1.9.1 Tamaño nominal máximo. (TNM).....	11
1.3.1.9.2 Diámetro efectivo (D10).....	11
1.3.1.9.3 Diámetro equiparable (D30).....	12
1.3.1.9.4 Diámetro dimensional (D60).....	12
1.3.1.9.5 Coeficiente de uniformidad (Cu)	12
1.3.1.9.6 Coeficiente de curvatura (Cc)	12
1.3.1.10 Límites de Atterberg.....	13
1.3.1.11 Límite Líquido.....	13
1.3.1.12 Límite Plástico	14
1.3.1.13 Índice Plástico	15
1.3.2 Propiedades Mecánicas	15
1.3.2.1 Compactación de Suelos.....	15
1.3.2.2 Curva de compactación	16
1.3.2.3 Ensayo Próctor	16
1.3.2.3.1 Próctor Estándar	17
1.3.2.3.2 Próctor Modificado	18

1.3.2.4	California Bearing Ratio (CBR)	20
1.3.2.5	Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP).....	21
1.3.3	Correlación y Regresión	22
1.3.3.1	Regresión y Correlación Lineal.....	22
1.3.3.2	Método de mínimos cuadrados	23
1.3.3.3	Coefficiente de determinación.....	24
1.3.4	Correlación y Regresión Múltiple	25
1.3.5	Pavimentos	26
1.3.5.1	Tipos de Pavimentos	26
1.3.5.1.1	Pavimentos rígidos	26
1.3.5.1.2	Pavimentos articulados	27
1.3.5.1.3	Pavimentos flexibles	28
1.3.5.2	Función de las capas que conforman la estructura del pavimento.....	28
1.3.5.2.1	Capa Subrasante.....	28
1.3.5.2.2	Capa Sub Base.....	28
1.3.5.2.3	Capa Base.....	29
1.3.5.2.4	Capa de rodadura.....	29
1.4	OBJETIVOS.....	29
1.4.1	Objetivo general.....	29
1.4.2	Objetivos específicos	29
CAPITULO 2.....		30
METODOLOGÍA		30
2.1	EQUIPOS Y MATERIALES	30
2.1.1	Ensayo pozo a cielo abierto (ASHTO T 87-70).....	30
2.1.1.1	Materiales	30
2.1.1.2	Equipos	30
2.1.2	Ensayo densidad de campo (AASHTO T191 2014).....	31
2.1.2.1	Materiales	31
2.1.2.2	Equipos	31
2.1.3	Ensayo cono dinámico de penetración (ASTM D6951-03).....	31
2.1.3.1	Materiales	31
2.1.3.2	Equipos	31
2.1.4	Ensayo granulometría (AASHTO T 88 2013).....	32
2.1.4.1	Materiales	32
2.1.4.2	Equipos	32
2.1.5	Ensayo gravedad específica (AASHTO T 100 2015).....	32
2.1.5.1	Materiales	32
2.1.5.2	Equipos	32
2.1.6	Ensayo límite líquido (AASHTO T 89 2013)	33
2.1.6.1	Materiales	33
2.1.6.2	Equipos	33
2.1.7	Ensayo límite plástico (AASHTO T 90 2016).....	33
2.1.7.1	Materiales	33
2.1.7.2	Equipos	33
2.1.8	Ensayo próctor modificado (AASHTO T 180 2018).....	34
2.1.8.1	Materiales	34
2.1.8.2	Equipos	34
2.1.9	Ensayo california bearing ratio (AASHTO T 193 2013).....	34
2.1.9.1	Materiales	34
2.1.9.2	Equipos	34
2.2	MÉTODOS	36
2.2.1	Fase I.....	36
2.2.1.1	Ensayo de campo	36

2.2.1.1.1	Ensayo pozo a cielo abierto.....	36
2.2.1.1.2	Ensayo de densidad de campo.....	37
2.2.1.1.3	Ensayo cono dinámico de penetración DCP.....	37
2.2.1.2	Ensayos de laboratorio.....	38
2.2.1.2.1	Ensayo de granulometría.....	38
2.2.1.2.2	Ensayo de gravedad específica.....	38
2.2.1.2.3	Ensayo de límite líquido.....	39
2.2.1.2.4	Ensayo de límite plástico.....	39
2.2.1.2.5	Ensayo de compactación proctor modificado.....	40
2.2.1.2.6	Ensayo de CBR.....	40
2.2.2	Fase II.....	41
2.2.2.1	Criterios de correlación.....	41
2.2.2.2	Correlación y regresión simple.....	41
2.2.2.3	Correlación y regresión múltiple.....	42
2.2.3	Fase III.....	43
2.2.3.1	Cálculo factor hora pico.....	43
2.2.3.1	Cálculo tráfico promedio diario anual (TPDA).....	43
2.2.3.2	Cálculo del tráfico atraído (Ta).....	44
2.2.3.3	Cálculo del tráfico generado (Tg).....	45
2.2.3.4	Cálculo del tráfico desarrollado (Td).....	45
2.2.3.5	Cálculo del TPDA total.....	45
2.2.3.6	Cálculo del tráfico futuro.....	45
2.2.3.7	Tipo de vía en función del tráfico futuro.....	46
2.2.3.8	Diseño del pavimento método AASHTO 93.....	47
2.2.3.9	Periodo de diseño.....	47
2.2.3.10	Número de ejes equivalentes.....	48
2.2.3.11	Factor de daño.....	48
2.2.3.12	Factor de distribución por carril.....	48
2.2.3.13	Cálculo de número de ejes equivalentes acumulados W18.....	49
2.2.3.14	Confiabilidad (R).....	49
2.2.3.15	Desviación estándar normal (Zr).....	50
2.2.3.16	Desviación estándar global (So).....	50
2.2.3.17	Cálculo del índice de serviciabilidad.....	51
2.2.3.18	Módulo de resiliencia (Mr).....	51
2.2.3.19	Determinación de los coeficientes estructurales de cada capa que conforma el paquete estructural.....	52
2.2.3.20	Coficiente estructural de la carpeta asfáltica (a1).....	53
2.2.3.21	Coficiente estructural de la base (a2).....	53
2.2.3.22	Coficiente estructural de la subbase (a3).....	54
2.2.3.23	Coficiente de drenaje (m2, m3).....	55
2.2.3.24	Espesores mínimos.....	57
2.2.3.25	Determinación de los espesores del paquete estructural.....	57
2.2.3.25.1	SN1 - Carpeta asfáltica.....	57
2.2.3.25.2	SN2 - Base.....	57
2.2.3.25.3	SN3 - Sub - Base.....	58
2.2.4	Fase IV.....	59
2.2.4.1	Norma SUCS.....	60
2.2.4.1	Norma AASHTO.....	61
2.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	62
2.3.1	Población.....	62
2.3.2	Muestra.....	63
CAPITULO III.....		64
RESULTADOS Y DISCUSION.....		64

2.4	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	64
2.4.1	Etapa I.....	64
2.4.1.1	Análisis e interpretación.....	66
2.4.2	Etapa II.....	67
2.4.2.1	Correlación N°1	67
2.4.2.1.1	Análisis e interpretación.....	68
2.4.2.2	Correlación N°2	68
2.4.2.2.1	Análisis e interpretación.....	69
2.4.2.3	Correlación N°3	69
2.4.2.3.1	Análisis e interpretación.....	70
2.4.2.4	Correlación N°4	71
2.4.2.4.1	Análisis e interpretación.....	71
2.4.2.5	Correlación N°5	72
2.4.2.5.1	Análisis e interpretación.....	72
2.4.2.6	Correlación N°6.....	73
2.4.2.6.1	Análisis e interpretación.....	74
2.4.2.7	Correlación N°7	74
2.4.2.7.1	Análisis e interpretación.....	75
2.4.2.8	Correlación N° 8	75
2.4.2.8.1	Análisis e interpretación.....	76
2.4.2.9	Correlación N° 9	77
2.4.2.9.1	Análisis e interpretación.....	77
2.4.2.10	Correlación N° 10 y N° 11.....	78
2.4.2.10.1	Análisis e interpretación.....	79
2.4.2.11	Correlación N° 12	80
2.4.2.11.1	Análisis e interpretación.....	80
2.4.2.12	Correlación N° 13	81
2.4.2.12.1	Análisis e interpretación.....	82
2.4.2.13	Correlación N° 14	82
2.4.2.13.1	Análisis e interpretación.....	83
2.4.2.14	Correlación N° 15	83
2.4.2.14.1	Análisis e interpretación.....	84
2.4.2.15	Correlación múltiple N° 1	85
2.4.2.15.1	Análisis e interpretación.....	86
2.4.2.16	Correlación múltiple N° 2	86
2.4.2.16.1	Análisis e interpretación.....	87
2.4.2.17	Correlación múltiple N° 3	87
2.4.2.17.1	Análisis e interpretación.....	88
2.4.2.18	Correlación múltiple N° 4	88
2.4.2.18.1	Análisis e interpretación.....	89
2.4.2.19	Correlación múltiple N° 5	90
2.4.2.19.1	Análisis e interpretación.....	90
2.4.2.20	Resumen de las ecuaciones obtenidas mediante correlación.....	91
2.4.3	Etapa 3	92
2.4.3.1	Trafico promedio diario anual.....	92
2.4.3.2	Cálculo factor hora pico	95
2.4.3.3	Cálculo tráfico promedio diario anual (TPDA).....	95
2.4.3.4	Calculo del TPDA actual	95
2.4.3.5	Cálculo del tráfico atraído (Ta).....	96
2.4.3.6	Cálculo del tráfico generado (Tg).....	96
2.4.3.7	Cálculo del tráfico desarrollado (Td).....	97
2.4.3.8	Cálculo del TPDA aproximado.....	97
2.4.3.9	Cálculo del tráfico futuro.....	98
2.4.3.9.1	Tasa de crecimiento del tránsito.....	98
2.4.3.10	Cálculo tráfico futuro total 2042	99

2.4.3.11	Tipo de vía en función del tráfico futuro.....	99
2.4.3.12	Diseño del pavimento método AASHTO 93	100
2.4.3.13	Periodo de diseño	100
2.4.3.14	Número de ejes equivalentes.....	100
2.4.3.15	Factor de daño.....	100
2.4.3.16	Factor de distribución por carril.....	102
2.4.3.17	Número de ejes equivalentes acumulados W18	102
2.4.3.18	Confiabilidad (R)	103
2.4.3.19	Desviación estándar normal (Zr).....	104
2.4.3.20	Desviación estándar global (So).....	104
2.4.3.21	Módulo de resiliencia (Mr).....	105
2.4.3.22	Determinación de los coeficientes estructurales de cada capa que conforma el paquete estructural.....	105
2.4.3.23	Coficiente estructural de la carpeta asfáltica (a1).....	106
2.4.3.24	Coficiente estructural de la base (a2).....	108
2.4.3.25	Coficiente estructural de la subbase (a3).....	109
2.4.3.26	Coficiente de drenaje (m2, m3).....	110
2.4.3.27	Espesores mínimos.....	112
2.4.3.28	Datos para determinar el número estructural SN.....	113
2.4.3.29	Determinación de los espesores del paquete estructural.....	114
2.4.3.29.1	SN1 - Carpeta asfáltica	114
2.4.3.29.2	SN2 - Base	115
2.4.3.29.3	SN3 - Sub - Base	117
2.4.3.29.4	Comprobación	118
2.4.3.30	Cálculo espesor con CBR de la correlación	119
2.4.3.31	Análisis e interpretación de los resultados	122
2.4.4	Etapa 4	122
2.4.4.1	Análisis e interpretación de datos.....	126
CAPITULO VI		127
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		127
2.5	CONCLUSIONES	127
2.6	RECOMENDACIONES	128
BIBLIOGRAFÍA.....		128
ANEXOS		132
FOTOGRAFÍAS.....		132
a.	Pozo a cielo abierto.....	132
b.	Densidad de campo, método del cono y arena de Ottawa.....	133
c.	Cono Dinámico de Penetración (DCP).....	134
d.	Gravedad Específica de los Sólidos.....	135
e.	Granulometría	136
f.	Límite líquido (Copa Casagrande).....	137
g.	Límite Plástico.....	138
h.	Proctor Modificado	139
i.	Ensayo CBR.....	140
TABLAS Y ENSAYOS.....		142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Rangos de gravedad específica propuestos por Bowels.	10
Tabla 2: Tamaño de Tamices Normalizados	10
Tabla 3: Especificaciones de la prueba Próctor Estándar-Norma ASTM 698.....	17
Tabla 4: Especificaciones de la prueba Próctor Modificado-Norma ASTM 1577	18
Tabla 5: Clasificación de suelos según el CBR	20
Tabla 6: Rango de ajuste mediante criterios.	25
Tabla 7: Valores de correlación	25
Tabla 8: Especificaciones de equipos	35
Tabla 10: Valor de K en función de la zona.....	44
Tabla 11: Tabla de la tasa de crecimiento anual vehicular (%).	46
Tabla 12: Tipo de carretera según el TPDA.....	46
Tabla 13: Periodo de diseño en base al tipo de carretera.	47
Tabla 14: Cuadro demostrativo de tipo de vehículos motorizados remolques y semiremolques.	48
Tabla 15: Factor de distribución por carril.....	49
Tabla 16: Nivel de confianza según el tipo de vía.....	50
Tabla 17: Desviación estándar Zr según su confiabilidad (R).	50
Tabla 18: Desviación estándar Normal (So).....	51
Tabla 19: Calidad de drenaje.	56
Tabla 20: Coeficiente de drenaje.....	56
Tabla 21: Espesores según eje W 8.2.....	57
Tabla 22: Sistema de clasificación SUCS	61
Tabla 23: Sistema de clasificación AASHTO	62
Tabla 24: Ubicación de las 12 muestras.	63
Tabla 25: Resumen de las propiedades mecánicas	64
Tabla 26: Resumen de las propiedades índice	65
Tabla 27: Resumen ecuaciones obtenidas por correlaciones	91
Tabla 28: Resumen conteo vehicular	92
Tabla 29: Tabla conteo vehicular hora pico.....	94
Tabla 30: Valor de K en función de la zona.....	95
Tabla 31: Tabla TPDA actual calculado	96
Tabla 32: Tabla tráfico aproximado.	98
Tabla 33: Tabla de la tasa de crecimiento anual vehicular (%).	98
Tabla 34: Tipo de carretera según el TPDA.....	99
Tabla 35: Periodo de diseño en base al tipo de carretera.	100
Tabla 36: Cuadro demostrativo de tipo de vehículos motorizados remolques y semirremolques.	101
Tabla 37: Factor de daño según el tipo de vehículo.	101
Tabla 38: Factor de distribución por carril.....	102
Tabla 39: Tabla resumen número de ejes equivalentes.	103
Tabla 40: Nivel de confianza según el tipo de vía.....	103
Tabla 41: Desviación estándar Zr según su confiabilidad (R).	104
Tabla 42: Desviación estándar Normal (So).....	104
Tabla 43: Valores α_1	108

Tabla 44: Valores de a2 según CBR.....	109
Tabla 45: Valores de a3 según CBR.....	110
Tabla 46: Días de lluvia y días secos.	111
Tabla 47: Calidad de drenaje.	111
Tabla 48: Coeficiente de drenaje.....	112
Tabla 49: Espesores según eje W 8.2.....	112
Tabla 50: Datos para el diseño de pavimento.	113
Tabla 51: Espesores reales para cada estructura del pavimento de la vía diseñada.	118
Tabla 52: Espesores reales para cada estructura del pavimento de la vía diseñada.	121
Tabla 53: Ubicación y clasificación de cada punto según SUCS y AASHTO	123
Tabla 54: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 1.....	142
Tabla 55: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 2.....	143
Tabla 56: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 3.....	144
Tabla 57: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 4.....	145
Tabla 58: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 5.....	146
Tabla 59: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 6.....	147
Tabla 60: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 7.....	148
Tabla 61: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 8.....	149
Tabla 62: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 9.....	150
Tabla 63: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 10.....	151
Tabla 64: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 11.....	152
Tabla 65: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 12.....	153
Tabla 66: Ensayo densidad de campo, muestra 1	154
Tabla 67: Ensayo densidad de campo, muestra 2	155
Tabla 68: Ensayo densidad de campo, muestra 3	156
Tabla 69: Ensayo densidad de campo, muestra 4	157
Tabla 70: Ensayo densidad de campo, muestra 5	158
Tabla 71: Ensayo densidad de campo, muestra 6	159
Tabla 72: Ensayo densidad de campo, muestra 7	160
Tabla 73: Ensayo densidad de campo, muestra 8	161
Tabla 74: Ensayo densidad de campo, muestra 9	162
Tabla 75: Ensayo densidad de campo, muestra 10	163
Tabla 76: Ensayo densidad de campo, muestra 11	164
Tabla 77: Ensayo densidad de campo, muestra 12	165
Tabla 78: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 1.....	166
Tabla 79: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 2.....	166
Tabla 80: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 3.....	167
Tabla 81: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 4.....	167
Tabla 82: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 5.....	168
Tabla 83: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 6.....	168
Tabla 84: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 7.....	169
Tabla 85: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 8.....	169
Tabla 86: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 9.....	170
Tabla 87: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 10.....	170
Tabla 88: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 11.....	171
Tabla 89: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 12.....	171
Tabla 90: Ensayo gravedad específica, muestra 1	172

Tabla 91: Ensayo gravedad específica, muestra 2	173
Tabla 92: Ensayo gravedad específica, muestra 3	174
Tabla 93: Ensayo gravedad específica, muestra 4	175
Tabla 94: Ensayo gravedad específica, muestra 5	176
Tabla 95: Ensayo gravedad específica, muestra 6	177
Tabla 96: Ensayo gravedad específica, muestra 7	178
Tabla 97: Ensayo gravedad específica, muestra 8	179
Tabla 98: Ensayo gravedad específica, muestra 9	180
Tabla 99: Ensayo gravedad específica, muestra 10	181
Tabla 100: Ensayo gravedad específica, muestra 11	182
Tabla 101: Ensayo gravedad específica, muestra 12	183
Tabla 102: Ensayo granulometría, muestra 1	184
Tabla 103: Ensayo granulometría, muestra 2	185
Tabla 104: Ensayo granulometría, muestra 3	186
Tabla 105: Ensayo granulometría, muestra 4	187
Tabla 106: Ensayo granulometría, muestra 5	188
Tabla 107: Ensayo granulometría, muestra 6	189
Tabla 108: Ensayo granulometría, muestra 7	190
Tabla 109: Ensayo granulometría, muestra 8	191
Tabla 110: Ensayo granulometría, muestra 9	192
Tabla 111: Ensayo granulometría, muestra 10	193
Tabla 112: Ensayo granulometría, muestra 11	194
Tabla 113: Ensayo granulometría, muestra 12	195
Tabla 114: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 1	196
Tabla 115: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 2	197
Tabla 116: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 3	198
Tabla 117: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 4	199
Tabla 118: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 5	200
Tabla 119: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 6	201
Tabla 120: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 7	202
Tabla 121: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 8	203
Tabla 122: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 9	204
Tabla 123: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 10	205
Tabla 124: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 11	206
Tabla 125: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 12	207
Tabla 126: Ensayo límite plástico, muestra 1	208
Tabla 127: Ensayo límite plástico, muestra 2	208
Tabla 128: Ensayo límite plástico, muestra 3	209
Tabla 129: Ensayo límite plástico, muestra 4	209
Tabla 130: Ensayo límite plástico, muestra 5	210
Tabla 131: Ensayo límite plástico, muestra 6	210
Tabla 132: Ensayo límite plástico, muestra 7	211
Tabla 133: Ensayo límite plástico, muestra 8	211
Tabla 134: Ensayo límite plástico, muestra 9	212
Tabla 135: Ensayo límite plástico, muestra 10	212
Tabla 136: Ensayo límite plástico, muestra 11	213
Tabla 137: Ensayo límite plástico, muestra 12	213

Tabla 138: Ensayo Proctor modificado método B, muestra 1	214
Tabla 139: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 2 Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri.....	215
Tabla 140: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 3 Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri.....	216
Tabla 141: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 4 Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri.....	217
Tabla 142: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 5 Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri.....	218
Tabla 143: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 6 Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri.....	219
Tabla 144: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 7 Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri.....	220
Tabla 145: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 8 Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri.....	221
Tabla 146: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 10 Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri.....	222
Tabla 147: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 11 Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri.....	223
Tabla 148: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 11 Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri.....	224
Tabla 149: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 12 Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri.....	225
Tabla 150: Ensayo CBR, muestra 1	226
Tabla 151: Ensayo CBR, muestra 2	229
Tabla 152: Ensayo CBR, muestra 3	232
Tabla 153: Ensayo CBR, muestra 4	235
Tabla 154: Ensayo CBR, muestra 5	238
Tabla 155: Ensayo CBR, muestra 6	241
Tabla 156: Ensayo CBR, muestra 7	244
Tabla 157: Ensayo CBR, muestra 8	247
Tabla 158: Ensayo CBR, muestra 9	250
Tabla 159: Ensayo CBR, muestra 10	253
Tabla 160: Ensayo CBR, muestra 11	256
Tabla 161: Ensayo CBR, muestra 12	259
Tabla 162 Conteo de tráfico vehicular día 1	261
Tabla 163: Conteo de tráfico vehicular día 2	262
Tabla 164 Conteo de tráfico vehicular día 2	263
Tabla 165: Conteo de tráfico vehicular día 3	264
Tabla 166: Conteo de tráfico vehicular día 4	265
Tabla 167: Conteo de tráfico vehicular día 5	266
Tabla 168: Conteo de tráfico vehicular día 6	267
Tabla 169: Conteo de tráfico vehicular día 7	268

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fases del suelo, representado en el cubo unitario.	6
Figura 2: Curva de distribución del tamaño de partículas	11
Figura 3: Límites de Atterberg	13
Figura 4: Determinación del límite líquido del suelo	14
Figura 5: Curva de Compactación	19
Figura 6: Determinación del índice CBR	20
Figura 7: Equipo del DCP y sus elementos	21
Figura 8: Distribución de correlación	22
Figura 9: Curva de mejor ajuste a los puntos de dispersión	23
Figura 10: Estructura del pavimento.....	26
Figura 11: Estructura del Pavimento Rígido	27
Figura 12: Estructura del Pavimento Articulado	27
Figura 13: Estructura del Pavimento Flexible	28
Figura 14. Equipos de pozo a cielo abierto.....	30
Figura 15. Equipos de densidad de campo.....	31
Figura 16. Equipos de cono dinámico de penetración	31
Figura 17. Equipos de granulometría.....	32
Figura 18. Equipos de gravedad específica.....	32
Figura 19. Equipos de límite líquido.....	33
Figura 20. Equipos de límite líquido.....	33
Figura 21. Equipos de compactación próctor modificado	34
Figura 22. Equipos de CBR	34
Figura 23: Distribución de las capas según su SN.....	53
Figura 24: Nomograma para determinar el coeficiente estructural a1.....	53
Figura 25: Nomograma para determinar el coeficiente estructural a2.....	54
Figura 26: Grafica para determinar el coeficiente estructural a.....	55
Figura 27: Distribución temporal de precipitación 2013.	56
Figura 28: Captura del programa Aashto.exe	58
Figura 29: Correlación polinómica de segundo grado entre el limite líquido y el limite plástico	67
Figura 30: Correlación logarítmica entre la humedad natural y el grado de saturación del agua.....	68
Figura 31: Correlación potencial entre la humedad natural y el grado de saturación del aire.	69
Figura 32: Correlación logarítmica entre la porosidad en porcentaje y densidad seca in situ	71
Figura 33: Correlación polinómica entre la humedad natural y densidad seca in situ.....	72
Figura 34: Correlación polinómica entre la relación de vacíos y el grado de compactación.	73
Figura 35: Correlación logarítmica entre la relación de vacíos y la densidad seca in situ	74
Figura 36: Correlación potencial entre el CBR (%) y el DN.....	75
Figura 37: Correlación lineal entre el LP y el DN.....	77
Figura 38: Correlación lineal entre el CBR y la densidad seca máxima	78
Figura 39: Correlación lineal entre la humedad optima y el CBR.....	79
Figura 40: Correlación polinómica entre la densidad seca máxima y el W opt (%).....	80

Figura 41: Correlación polinómica entre la porosidad y el grado de compactación.....	81
Figura 42: Correlación logarítmica entre el límite líquido y el Gs.....	82
Figura 43: Correlación polinómica entre el límite líquido y el CBR.....	83
Figura 44: Correlación lineal múltiple entre el DN, LL y CBR.	85
Figura 45: Correlación lineal múltiple entre el LL, LP y CBR	86
Figura 46: Correlación lineal múltiple entre el Wnat, DN y densidad seca maxima.....	87
Figura 47: Correlación logarítmica múltiple entre el LL, LP y Wopt.	88
Figura 48: Correlación lineal múltiple entre el Wnat, yd in situ y CBR.	90
Figura 49: Comportamiento diario del transito.....	93
Figura 50: Comportamiento del tránsito en el día lunes.....	93
Figura 51: Distribución del tráfico en el día Lunes	94
Figura 52: Distribución de las capas según su SN.....	106
Figura 53: Nomograma para determinar el coeficiente estructural a1.....	107
Figura 54: Nomograma para determinar el coeficiente estructural a2.....	108
Figura 55: Grafica para determinar el coeficiente estructural a.....	109
Figura 56: Distribución temporal de precipitación 2013.	111
Figura 57: Captura del programa AASHTO 93 con datos reales del diseño para calcular el SN1.	114
Figura 58: Captura del programa AASHTO 93 con datos reales del diseño para calcular el SN2.	115
Figura 59: Captura del programa AASHTO 93 con datos reales del diseño para calcular el SN3.	117
Figura 60: Diseño del paquete estructural mediante CBR de laboratorio	119
Figura 61: Captura del programa AASHTO 93 con datos reales del diseño para calcular el SN3.	119
Figura 62: Captura del programa AASHTO 93 con datos reales del diseño para calcular el SN3.	120
Figura 63: Diseño del paquete estructural mediante CBR por correlación.	122
Figura 64: Georrefenciación de los pozos.	132
Figura 65: Excavación del pozo.	132
Figura 66: Preparación de la base para realizar el ensayo de densidad de campo.....	133
Figura 67: Determinación de la densidad de campo.....	133
Figura 68: Preparación de los materiales para realizar el ensayo DCP.	134
Figura 69: Aplicación de golpes para la penetración.....	134
Figura 70: Preparación de materiales para realizar el ensayo.....	135
Figura 71: Toma de pesos del picnómetro.....	135
Figura 72: Aplicación del baño María.	136
Figura 73: Colocación de los tamices en el tamizador.	136
Figura 74: Tamizado de la muestra de suelo.	137
Figura 75: Preparación materiales para realizar el ensayo.	137
Figura 76: Realización del ensayo Copa Casagrande.....	138
Figura 77: Preparación de los rollitos de muestra de suelo.	138
Figura 78: Preparación de los materiales para realzar el ensayo.	139
Figura 79: Aplicación del número de golpes.....	139
Figura 80: Enrasado del molde.....	140
Figura 81: Toma de lecturas durante la inmersión.	140
Figura 82: Ensayo de los moldes en la máquina CBR.....	141

RESUMEN

El ensayo de CBR es un ensayo que requiere de mucho tiempo y dinero, es por esto que el presente proyecto experimental tiene como propósito determinar un método en base a un análisis de las correlaciones entre el CBR, DCP y las propiedades índices y mecánicas que sirvan como medio para la predicción de los valores de CBR.

Para comenzar con la parte técnica, se identificaron las carreteras más representativas en la parroquia El Tingo y Guangaje para tomar muestras de suelo. Se hicieron perforaciones retirando la capa vegetal, luego se llevaron a cabo pruebas de campo y se recolectaron muestras de aproximadamente 50 kilogramos en cada punto para los diferentes ensayos que se realizaron en el laboratorio siguiendo la normativa AASHTO.

Basados en los resultados obtenidos en los ensayos de campo y laboratorio, se llevaron a cabo correlaciones simples y múltiples utilizando el análisis de regresión y el método de mínimos cuadrados respectivamente. Se seleccionó las correlaciones aceptables, de acuerdo al coeficiente de determinación que sea mayor al 50 por ciento.

Por último, se hallaron 20 correlaciones con un coeficiente de determinación que variaba entre el 62 y el 98 por ciento. La determinación del CBR con el DCP mediante las correlaciones demostró una relación del 73 por ciento, obteniendo valores similares al CBR de laboratorio. Por lo tanto, estos resultados pueden ser utilizados en el diseño de pavimentos flexibles.

Palabras claves: Correlaciones, Regresión, CBR, DCP, Pavimento.

ABSTRACT

The CBR test is a test that requires a lot of time and money, which is why the purpose of this experimental project is to determine a method based on an analysis of the correlations between the CBR, DCP and the index and mechanical properties that serve as a means for predicting the CBR values.

To begin with the technical part, the most representative roads in the parish of El Tingo and Guangaje were identified to take soil samples. The topsoil was removed by drilling, then field tests were carried out and samples of approximately 50 kilograms were collected at each point for the different tests that were carried out in the laboratory following the AASHTO standards.

Based on the results obtained in the field and laboratory tests, simple and multiple correlations were carried out using regression analysis and the least squares method, respectively. Acceptable correlations were selected according to the coefficient of determination greater than 50 percent.

Finally, 20 correlations were found with a coefficient of determination ranging from 62 to 98 percent. The determination of the CBR with the DCP using the correlations showed a ratio of 73 percent, obtaining values similar to the laboratory CBR. Therefore, these results can be used in the design of flexible pavements.

Keywords: Correlations, Regression, CBR, DCP, Pavement.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

1.1.1 Antecedentes

La presente investigación se fundamenta en documentos científicos que se han realizado en diversos países, mismos que han tenido resultados positivos en cuanto a la aplicación de este método. El método consiste en una correlación entre el CBR, DCP y las propiedades índice y mecánica de los suelos.

Las propiedades índice son un indicativo de las características de un suelo en comparación a otro, además nos sirven para estimar su comportamiento mecánico, dichas propiedades índice son: la granulometría, la plasticidad y el peso específico, para un ingeniero civil es importante el conocer estas propiedades junto con las propiedades físicas como la textura, estructura, color y peso específico, ya que mediante estos conocimientos puede dar solución a problemas que se presenten a lo largo de su campo laboral. [1]

Según el “Atlas socioambiental de Cotopaxi: Programa para la Conservación de la Biodiversidad, Páramos y Otros Ecosistemas Frágiles del Ecuador (CBP)” los suelos de la provincia de Cotopaxi presentan material de tipo volcánico debido a que se encuentran próximos al volcán Cotopaxi, además cuentan con materiales piroclásticos dependiendo de las características climáticas, relieve y la edad de formación. En la zona interandina se encuentran suelos arenosos en consecuencia a una baja meteorización y poca retención de humedad, mientras que en suelos más hacia el sur se caracterizan por presentar materia orgánica que llegan a profundidades de 20 cm. Existen además suelos franco arenosos producto de materiales piroclásticos presentando características físicas como coloración negra y un mayor contenido de arena, estos se encuentran en las partes altas del callejón interandino y en las partes altas de Pujilí, Toacazo y Belisario representando un 7.93% de la superficie de la

provincia, mientras que suelos franco arenosos con mayor capacidad de retención de humedad representan un 62.49 %. [2]

En el cantón Pujilí existen suelos con material volcánico producto de la desintegración y meteorización de la cangahua, estos a su vez presentan una textura arenosa que va de fina a gruesa, con un porcentaje menor al 1 % de materia orgánica.[3] En sectores con menos altitud de Latacunga, Salcedo, Poaló y Pujilí se encuentran suelos franco arcillo-arenosos con poca profundidad y erosionados sobre una capa de cangahua a una profundidad menor a 1 metro.[2]

En la tesis “Influencia De Las Condiciones De Compactación En La Presión De Preconsolidación De Un Suelo” nos indica que generalmente los suelos que presenten algún contenido de arcilla tienden a esponjarse o colapsar dependiendo de su densidad seca o índice de poros y grado de saturación. Al incorporar valores de humedad inferiores a la humedad óptima los suelos con presencia de arcilla tienden a esponjarse ya que absorben demasiada humedad, mientras que al incorporar porcentajes de humedad mayores a la óptima no existe mucho esponjamiento debido a bajos valores de succión inicial, este comportamiento hace que la densidad de suelos con presencia de arcilla sea inferior.[4]

Al borde Noroccidental del Congo ubicado en África Central se llevó a cabo un ambicioso proyecto denominado SangmelimaMengong, el cual consiste en un proyecto de construcción de carreteras donde se recolectaron 33 muestras de suelo y se transportaron al laboratorio para analizarlas. Una vez analizadas las muestras se procedió a realizar una correlación y análisis de regresión con los valores obtenidos al ensayar las propiedades índices y mecánicas, y ensayos de compactación para obtener finalmente un CBR experimental, el resultado de este análisis mediante el método de regresión dio valores experimentales de correlación de $R^2=0.772$ entre el CBR y la densidad seca máxima, concluyendo que efectivamente existe una correlación entre estas dos variables. [5]

En Gujarat, ubicado en la India se analizaron 12 muestras de suelo en 6 diferentes zonas, la composición de estas muestras fue de arcilla, grano fino, arena y limo. Una

vez tomadas las muestras, realizaron un análisis de relación lineal simple y múltiple, mediante la aplicación de dos softwares como el SPSS y Microsoft Excel determinando así que los valores de CBR eran inversamente proporcional a los valores de índice de plasticidad, es decir que mientras el índice de plasticidad aumentaba el valor de CBR disminuía, por ende existe una relación entre el contenido de arcilla y el valor de CBR, a su vez también determinaron que el máximo error que se llegó a tener en estos ensayos fue del 12%, finalmente se concluyó que al ocupar Microsoft Excel se obtuvo errores más bajos, estableciendo así una correlación confiable entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas, mediante el uso de esta aplicación. [6]

Una investigación realizada en la India en Enikepadu determinó que es más efectivo realizar un análisis de correlación lineal múltiple ya que en el estudio realizado con este método se obtuvo un $R=0.96$, mientras que con un análisis de regresión lineal simple se obtuvo como mejor resultado un $R= 0.91$ perteneciente a la correlación de CBR de campo y la densidad seca máxima, para esta investigación se analizaron 25 muestras divididas en 12 arcillas de alta plasticidad, 2 limos de baja plasticidad, 1 limo de alta plasticidad y 10 arcillas de baja plasticidad. Además, concluyeron también que los valores predichos por autores que ya han realizado investigaciones con estos tipos de suelos eran muy parecidos a los obtenidos, afirmando así que el CBR depende de la graduación del suelo, las características de plasticidad y compactación. [7]

En la actualidad la inteligencia artificial (IA) es ya un método que nos ofrece mayor exactitud en cuanto a razonamiento y precisión en los resultados, este método ha sido utilizado mediante una red neuronal artificial (ANN) y la programación de expresión genética (GEP) en la predicción de CBR de grano fino de los suelos de la región Sureste de Anatolia/Turquía concluyendo que el peso unitario seco máximo es el parámetro más efectivo en el CBR.[8]

En Ecuador existen varias tesis relacionadas al análisis y comparación entre el CBR, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de diferentes provincias, como es el caso de la provincia de Tungurahua específicamente de los suelos de la parroquia San José de Poaló del cantón Píllaro, en el que se realizó un estudio de suelos con la

finalidad de realizar un diseño de pavimentos [9], de la misma forma se han creado macro proyectos con la misma temática de la provincia de Cotopaxi buscando así cubrir todas las parroquias de la provincia tanto de Tungurahua como de Cotopaxi.[10]

En la ciudad de Quito mediante la determinación del CBR en laboratorio y su correlación con el DCP se pudo realizar un diseño de pavimentos para lo cual fue necesario determinar un tráfico diario inicial mediante un conteo directo, un índice de crecimiento (R) mediante fuentes estadísticas, un periodo de diseño (n) que sería el número de años de vida útil del pavimento que generalmente oscila entre 10 a 20 años, un tráfico futuro y la clasificación del tráfico de acuerdo al método a emplearse, mediante la determinación de estos datos se obtuvo que para la vía en cuestión se requiere una capeta asfáltica de 8cm una base de 20 cm y una Sub-base de 45 cm.[11]

Como se puede apreciar en el trabajo de titulación “Zonificación y caracterización geotécnica de los suelos de la sede central del Instituto Tecnológico de Costa Rica” se realizaron modelos de zonificación utilizando información Geoespacial mediante el uso de las TICs, como lo son los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y mediante el programa ArcGis se realizó un sondeo de los distintos puntos en donde se tomaron las muestras, además mediante el mismo programa se delimito los tipos de suelos a la profundidad de un metro, para lo cual se realizó un mapa dividiendo los suelos en CH, MH, CH-MH, MH-CH, CL-SM, CL-ML, ML, ML-SM y OH, asignando a cada uno un tipo de color que los distinga en el mapa propuesto en el trabajo de titulación.[12]

De la misma forma en el trabajo de titulación “Análisis De La Incidencia Geotécnica Para La Construcción De Un Distrito De Riego En El Departamento De Atlántico – Colombia.” Se realizó un análisis de suelos presentes en el municipio de Ponedera, con la finalidad de realizar una construcción de un distrito de riego, para lo cual se tomó muestras mediante apiques y ensayos de SPT, una vez obtenido los datos de los ensayos se pudo apreciar que en su mayoría existen suelos arcillosos y limos orgánicos, con estos datos se pudo realizar una zonificación mediante el programa ArcGis clasificando así el tipo de suelo y la características de los mismos creando mapas de zonificación geotécnica con el tipo de suelo, índice de plasticidad, capacidad de carga admisible y el ángulo de fricción interna.[13]

En la presente investigación se realizó un estudio de los suelos de la parroquia El Tingo y Guangaje, para lo cual se seleccionaron 2 vías de suelo natural por parroquia y se tomó 3 muestras de cada una, posterior a eso se realizó ensayos de granulometría, gravedad específica, densidad de cono y área, DCP, límites de atterberg, compactación, y CBR, con la finalidad de realizar una correlación lineal y múltiple entre los valores obtenidos para saber la capacidad portante del suelo, este valor de capacidad portante se utilizó para un diseño de pavimento de la vía.

1.2 Justificación

La presente investigación nace en consecuencia al desarrollo poblacional de las parroquias El Tingo y Guangaje, y a la necesidad de crear una base de datos que sirvan como cimientos para futuros proyectos relacionados al diseño y creación de vías, siendo así de gran importancia el realizar un estudio detallado y metódico de las propiedades índice y mecánica de los suelos pertenecientes a las parroquias antes mencionadas.[14]

Para la creación de una vía es imprescindible el realizar previamente un estudio de suelo con la finalidad de brindar mayor seguridad a los usuarios viales y moradores de la zona, además de crear vías que requieran menos mantenimiento y por ende brinde un ahorro económico a corto y largo plazo, ya que los ensayos realizados brindarán valores que servirán de base para realizar un diseño de pavimentos mucho más eficiente. [14]

El propósito de este estudio consiste en tomar muestras de suelo de las vías pertenecientes a las parroquias El Tingo y Guangaje con la finalidad de realizar ensayos que brinden datos como las propiedades índices y mecánicas, mismos que serán analizados mediante la creación de tablas y gráficas facilitando así la obtención de la resistencia cortante del suelo, obteniendo como producto final una base de datos que cuente con información verídica para la utilización en el diseño de pavimentos.[14]

Las pruebas de densidad de campo in situ, y ensayos granulométricos, contenido de humedad, gravedad específica de sólidos, límites de Atterberg, Proctor modificado y

CBR de laboratorio de la parroquia El Tingo y Guangaje servirán para establecer la correlación experimental en este tipo de suelo, lo que puede proporcionar una referencia para el diseño preliminar aproximado de la estructura del pavimento. [15]

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Propiedades Índices

Las propiedades físicas y características del suelo son aquellas que permiten obtener información acerca de los atributos físicos del suelo, lo cual facilita su identificación y clasificación de manera cualitativa..[16]

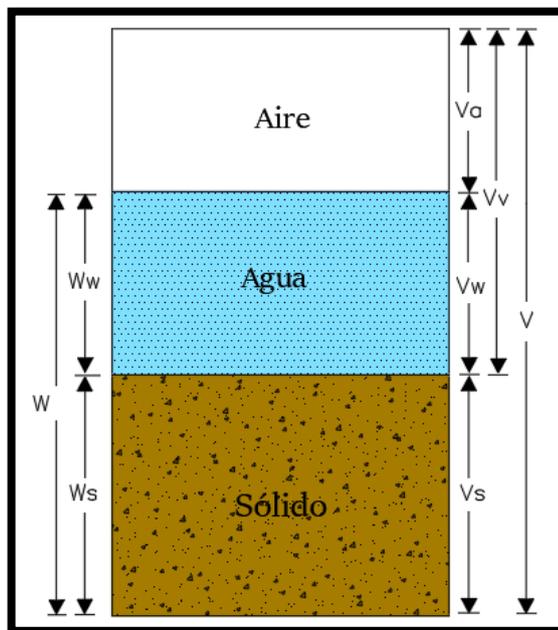


Figura 1: Fases del suelo, representado en el cubo unitario.

Donde:

V_m: Volumen de la muestra del suelo.

V_v: Volumen de vacíos.

V_a: Volumen de aire.

V_w: Volumen de agua.

V_s: Volumen de sólidos.

W_m: Peso de la muestra del suelo.

W_a: Peso del aire. (Igual a cero.)

W_w: Peso del agua.

W_s: Peso de los sólidos.

1.3.1.1 Contenido de Humedad

La relación entre el peso del agua presente y el peso sólido de un material, expresada en porcentaje (%), es conocida como humedad y se simboliza con ($\omega\%$). Esta magnitud se calcula mediante la siguiente fórmula..[17]

$$W = \frac{W\omega}{W_s} * 100$$

Ec: 1-1

Donde:

ω = Contenido de humedad

W ω = Peso del agua

W_s = Peso de sólidos

1.3.1.2 Peso Específico del suelo

El peso volumétrico o peso específico de un suelo se define como la relación entre la masa del suelo y su volumen unitario. Para determinar este valor se pueden llevar a cabo ensayos como el ensayo de Cono y Arena de Ottawa, mediante el cual se pueden obtener la densidad húmeda γ_d y la densidad seca γ_m , utilizando las ecuaciones correspondientes.[18]

$$\gamma_m = \left(\frac{Wm}{Vm} \right)$$

Ec: 1-2

$$\gamma_d = \left(\frac{\gamma_m}{1 + W\%} \right)$$

Ec: 1-3

Donde:

γ_m = Densidad humedad

γ_d = Densidad seca

W_m = Peso de la muestra

V_m = Volumen de la muestra

1.3.1.3 Relación de Vacíos

La relación entre el volumen de los espacios vacíos y el volumen total de los sólidos de un suelo, expresada en porcentaje (%), se conoce como índice de vacíos y se simboliza como (e). Este parámetro indica el grado de compactación del suelo, donde valores bajos indican alta compactación y valores altos indican suelos sueltos. El índice de vacíos se determina mediante la siguiente ecuación:[17]

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

Ec: 1-4

Donde:

e = Relación de vacíos

V_v = Volumen de vacíos

V_s = Volumen de sólidos

1.3.1.4 Porosidad

El coeficiente de porosidad (n), representado en porcentaje (%), es una medida de la relación entre el volumen de los espacios vacíos y el volumen total de un suelo. Un valor bajo de este coeficiente indica un suelo altamente consolidado, mientras que un valor alto indica un suelo con una gran cantidad de vacíos y porosidad. El coeficiente de porosidad se calcula mediante la siguiente ecuación:[18]

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

Ec: 1-5

Donde:

n = Porosidad

V_v = Volumen de vacíos

V_s = Volumen total de la masa de suelo

1.3.1.5 Grado de Saturación de Agua

El grado de saturación (G_w), expresado en porcentaje (%), es una medida de la relación entre el volumen de agua y el volumen de los espacios vacíos en un suelo. Este valor varía de 0% a 100%, siendo el valor más bajo cuando el suelo está completamente seco y el valor máximo cuando el suelo está completamente saturado. El grado de saturación se puede determinar utilizando la siguiente ecuación:

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

Ec: 1-6

Donde:

G_w = Grado de saturación del agua

V_w = Volumen de agua

V_v = Volumen de vacíos

1.3.1.6 Grado de Saturación del aire

El grado de aireación (G_a) de un suelo, representado en porcentaje (%), es la relación entre el volumen de aire presente y el volumen de espacios vacíos en el suelo. Este parámetro indica el grado de consolidación del suelo, donde valores bajos indican una alta consolidación y valores altos indican una baja consolidación del suelo. El grado de aireación se determina mediante la siguiente ecuación:

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

Ec: 1-7

Donde:

G_a = Grado de saturación del aire

V_a = Volumen del aire

V_v = Volumen de vacíos

1.3.1.7 Gravedad Específica

Norma: AASHTO T 100-70

La gravedad específica del suelo (Gs) se define como la relación entre la masa de los sólidos del suelo y la masa igual al volumen de agua destilada a 20°C. Por lo tanto, para medir la gravedad específica del suelo, es necesario eliminar el aire atrapado en el volumen de la muestra de suelo y medir las formas irregulares de las partículas de suelo. La gravedad específica se expresa en una unidad adimensional.[16]

Tabla 1: Rangos de gravedad específica propuestos por Bowels.

TIPO DE SUELO	RANGO GRAVEDAD ESPECÍFICA
Arena	2.65-2.67
Arena Limosa	2.67-2.70
Arcilla Inorgánica	2.70-2.80
Suelos con Micas o Hierro	2.75-3.00
Suelos Orgánicos	Variable Puede ser inferior a 2.00

Fuente: J. E. Bowles, Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil.

1.3.1.8 Granulometría

El ensayo de Granulometría implica la separación de partículas de suelo seco en diferentes rangos de tamaño utilizando mallas cuadradas o tamices. El proceso de separación de las partículas se realiza mediante vibración y se expresa como porcentaje en función del peso retenido en cada tamiz con respecto al peso total de la muestra.[19]

Tabla 2: Tamaño de Tamices Normalizados

# TAMIZ	ABERTURA (mm)
4	4,75
8	2,36
10	2
16	1,18
30	0,6
40	0,425
50	0,3
60	0,25
100	0,15
200	0,075

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M. Das.

Los resultados obtenidos a través del ensayo granulométrico se representan gráficamente mediante una curva en escala logarítmica. En la curva, el tamaño de las partículas se representa en el eje horizontal (abscisas), mientras que en el eje vertical (ordenadas) se representa el porcentaje de material que pasa a través de cada tamiz.

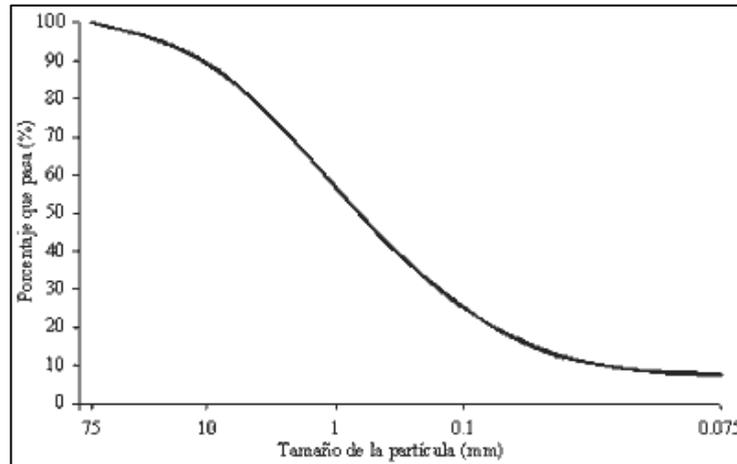


Figura 2: Curva de distribución del tamaño de partículas

Fuente: Mecánica de Suelo. Juárez. B Eulalio.

1.3.1.9 Parámetros granulométricos.

Una vez que se ha graficado la curva granulométrica, es posible obtener información detallada y técnica sobre las características específicas del suelo. Esta curva proporciona una visión completa y comprensible del análisis de la muestra de suelo.

1.3.1.9.1 Tamaño nominal máximo. (TNM)

Se refiere al conjunto de partículas que representan el 5% del volumen total de la muestra.[17]

1.3.1.9.2 Diámetro efectivo (D10)

Representa el grupo de partículas que representa el 10% del material en peso del suelo.[17]

1.3.1.9.3 Diámetro equiparable (D30)

Representa el grupo de partículas que representa el 30% del material en peso del suelo.[17]

1.3.1.9.4 Diámetro dimensional (D60)

Representa el grupo de partículas que representa el 60% del material en peso del suelo.[17]

1.3.1.9.5 Coeficiente de uniformidad (Cu)

El coeficiente de uniformidad se calcula mediante la siguiente fórmula:

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

Ec: 1-8

Este valor numérico se conoce como coeficiente de no uniformidad y disminuye a medida que aumenta la uniformidad, ya que representa una relación entre ellos. Si:

$Cu > 3$, quiere decir que los suelos están bien graduados.[17]

$Cu < 3$, quiere decir que los suelos no están bien graduados.[17]

1.3.1.9.6 Coeficiente de curvatura (Cc)

El coeficiente define la graduación del material, de la siguiente manera:

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

Ec: 1-9

El coeficiente de curvatura se utiliza para evaluar la distribución de tamaños de partículas de la muestra, y su valor numérico depende de la cantidad y el tamaño de las partículas presentes. Si:

La relación tiene un grado de $1 < C_c < 3$, entonces los suelos están bien graduados.

Valores menores a 1 o mayores a 3 son suelos mal graduados.[17]

1.3.1.10 Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg, tanto el límite líquido como el límite plástico, han sido ampliamente empleados en la identificación y clasificación de suelos finos con diferentes niveles de humedad. [19]

1. Límite plástico del estado semisólido al estado plástico.
2. Límite líquido del estado plástico al estado líquido.

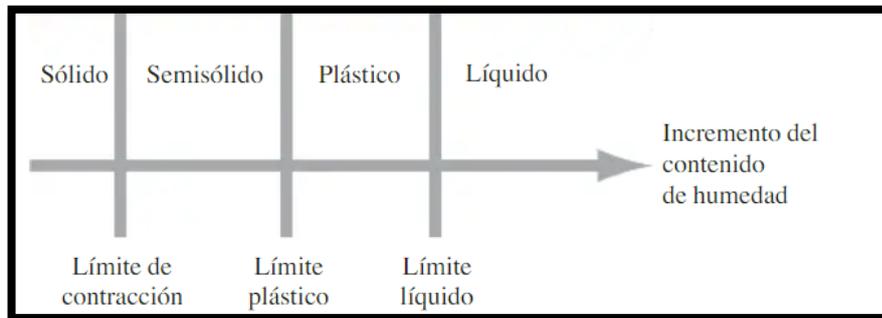


Figura 3: Límites de Atterberg

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M. Das.

1.3.1.11 Límite Líquido

El límite líquido (LL) se establece como el porcentaje de humedad respecto al peso seco de la muestra que determina la transición del suelo del estado líquido al estado plástico. Este límite es utilizado en la identificación y clasificación de suelos de grano fino con diferente contenido de humedad.

Norma: AASHTO T 89

Se prepara una muestra de suelo húmedo y se coloca en la cuchara de la Copa de Casagrande, luego se extiende uniformemente. Se realiza un surco en el medio de la muestra de suelo, dividiéndola en dos partes iguales que se cierran juntas a lo largo del fondo de la cuchara. La cuchara se deja caer desde una altura de 10 mm 25 veces. [20]

Se registra el peso del recipiente que contiene la pasta de suelo y se procede a secarlo en un horno a una temperatura cercana a los 110°C. Luego se obtiene el contenido de humedad de cada muestra y se grafica la curva de fluidez, que relaciona el contenido de humedad con el número de golpes realizados en la Copa de Casagrande.[20]

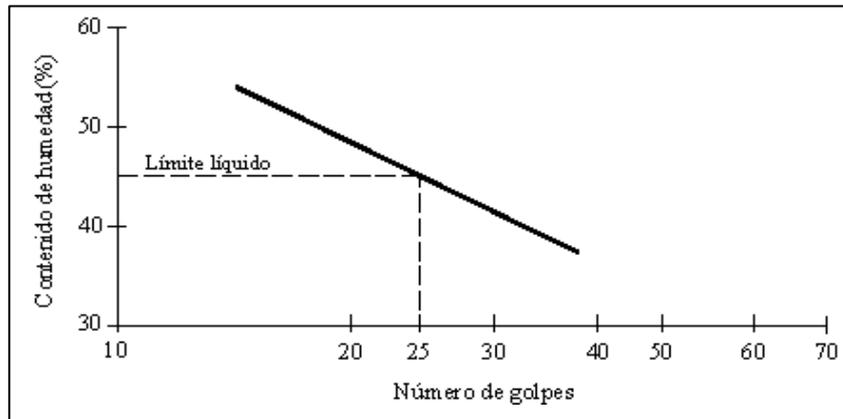


Figura 4: Determinación del límite líquido del suelo
Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M. Das.

1.3.1.12 Límite Plástico

El límite plástico (LP) se refiere al porcentaje de humedad, en relación al peso seco de la muestra, que delimita la transición del suelo del estado plástico al estado semisólido, según la definición de Atterberg.

Norma: AASHTO T 90

Es necesario obtener muestras representativas del suelo y tomar una porción de al menos 15 gramos. Posteriormente, se ajusta la humedad de la muestra hasta que el material pueda ser moldeado en forma de rollos de 3 mm de diámetro sin que se desmoronen. Se considera que se ha alcanzado el límite plástico cuando aparecen grietas en los cilindros de suelo moldeados. El límite plástico se define como la humedad de la muestra de suelo expresada en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra seca, o como la frontera entre los estados plástico y semisólido del suelo, tal como lo definió Atterberg.[20]

Finalmente se obtiene el contenido de Humedad de cada una de las muestras tomadas y se calcula el Limite Plástico.

$$LP = \frac{W1 + W2 + \dots Wn}{n}$$

Ec: 1-10

1.3.1.13 Índice Plástico

El índice plástico (IP) o índice de plasticidad se define como la resta matemática entre el valor del límite líquido y el límite plástico de una muestra de suelo.[19]

$$IP = LL - LP$$

Ec: 1-11

Atterberg consideró que el valor del índice plástico indica el rango de humedad en el cual el suelo se encuentra en estado plástico, y este valor está generalmente relacionado con la cantidad de arcilla presente en el suelo.

Índice plástico (IP) igual a 0 el suelo no es plástico.

Índice plástico (IP) menor a 7 el suelo tiene baja plasticidad.

Índice plástico (IP) entre 7 - 17 el suelo medianamente plástico

Índice plástico (IP) mayor a 17 suelo altamente plástico.[19]

1.3.2 Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas del suelo se refieren a aquellas características que se pueden aplicar directamente en la resolución de problemas prácticos, como el diseño de estructuras de cimentación o terracería. Los ingenieros utilizan estas propiedades para obtener una comprensión clara del comportamiento del suelo en respuesta a una acción determinada.

1.3.2.1 Compactación de Suelos

La compactación del suelo es el proceso mediante el cual se aumenta su densidad a través del uso de energía mecánica. En algunos casos, es necesario ajustar el contenido

de humedad y la distribución de tamaño de partículas del suelo para lograr la compactación adecuada.[21]

Los suelos sin cohesión pueden ser compactados mediante el uso de equipos vibratorios confinados, como los rodillos vibratorios motorizados o las placas vibratorias. Por otro lado, los suelos finos cohesivos son compactados en el laboratorio mediante la aplicación de fuerzas por medio de masas que se dejan caer o martillos. [21]

La compactación del terreno in-situ se realiza mediante el uso de diversos equipos especializados, como rodillos pata de cabra, rodillos neumáticos, entre otros, con el objetivo de densificar el suelo. También se considera como compactación la circulación adecuada de vehículos sobre terrenos sueltos.[21]

1.3.2.2 Curva de compactación

Cada tipo de suelo tiene una curva de compactación única que depende del método y esfuerzo de compactación utilizados. Para trazar esta curva, se deben determinar al menos 5 puntos, dos de los cuales deben estar en la zona seca. El punto máximo de la curva de compactación corresponde al peso unitario seco máximo y al contenido de humedad óptimo.[21]

Cada tipo de suelo tiene su propia curva de compactación específica, la cual varía según el método y el esfuerzo de compactación aplicado. Para trazar esta curva, es necesario determinar al menos cinco puntos, con una separación no mayor al 3% entre ellos. Es importante destacar que el punto de máxima compactación en la curva corresponde al peso unitario máximo seco y al contenido de humedad óptimo.

1.3.2.3 Ensayo Próctor

La prueba de Próctor se fundamenta en medir el peso unitario de suelo compactado a diferentes humedades para determinar el peso unitario máximo seco que puede alcanzar el material, así como el contenido de humedad óptimo para lograr una compactación adecuada.[22]

Existen dos tipos de Próctor normalizados:

- Ensayo Próctor Estándar.
- Ensayo Próctor Modificado.

1.3.2.3.1 Próctor Estándar

La prueba Próctor estándar está regida por la AASHTO T99-01 y ASTM D698. Este procedimiento establece la forma de obtener la relación entre el contenido de humedad y la densidad del suelo compactado en un molde con diámetro normalizado, mediante el uso de un pistón de 2,5 kg que cae verticalmente a una altura de 305 mm. Existen múltiples métodos con especificaciones propias para llevar a cabo esta prueba, los cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 3: Especificaciones de la prueba Próctor 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	Suelo que pase el tamiz N°4. Puede ser utilizada si 20% o menos del peso es retenido en el tamiz N°4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz N°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: Fundamentación de Ingeniería Geotécnica Braja M. Das.

1.3.2.3.2 Próctor Modificado

La prueba de Próctor Modificada se encuentra normada por la AASHTO T180-1 y ASTM D1557, y su objetivo es establecer la relación entre la densidad y el contenido de humedad de los suelos compactados en un molde de diámetro estándar, utilizando un pistón de 4,5 kg que cae verticalmente a 457 mm. Cabe mencionar que existen diferentes métodos con especificaciones particulares para llevar a cabo esta prueba, y estos se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 4: Especificaciones de la prueba Próctor Modificado-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 N°4. Puede ser utilizada si 20% o menos del peso es retenido en el tamiz N°4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz N°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: Fundamentación de Ingeniería Geotécnica Braja M. Das.

Los resultados de la prueba de Próctor proporcionan información sobre la densidad húmeda de un suelo con diferentes porcentajes de humedad y se presentan en un gráfico en el que se ubica el contenido de humedad en el eje horizontal y la densidad seca en el eje vertical. A partir de esta información se puede obtener una curva de compactación, en la cual el punto máximo representa el contenido de humedad óptimo.

Esta curva indica el comportamiento de la compactación, en la cual se vuelve cada vez más eficiente hasta alcanzar el contenido óptimo de humedad, y a partir de ese punto, su eficacia comienza a disminuir.

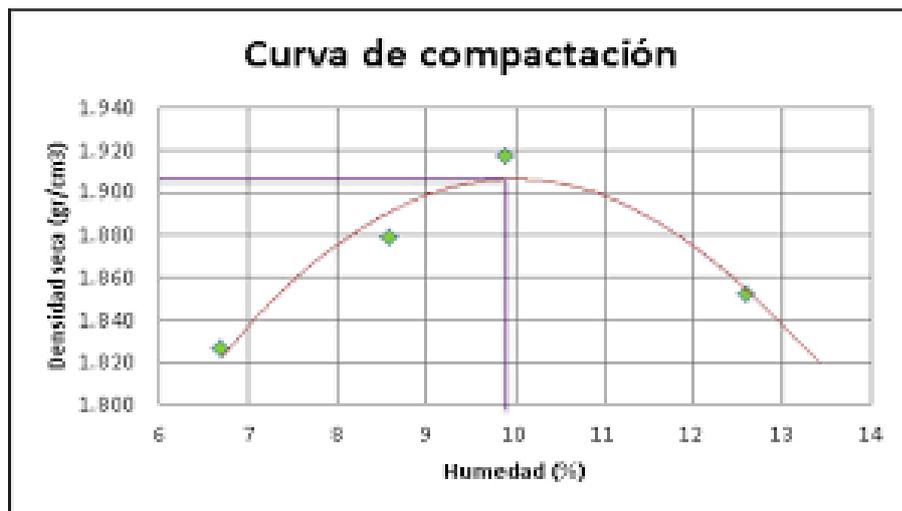


Figura 5: Curva de Compactación

1.3.2.4 California Bearing Ratio (CBR)

Norma: AASHTO T 193

La prueba de "CBR" (California Bearing Ratio), también conocida como la prueba de relación de soporte, es un procedimiento mediante el cual se mide la resistencia al corte del suelo en su estado actual mediante ensayos de laboratorio en condiciones de humedad y densidad controladas. Se aplica una carga creciente de 0,1" o 0,2" sobre la muestra compactada después de que se sumerge durante 72 horas con un contenido de humedad óptimo determinado mediante la prueba de Próctor modificada. Después de la prueba CBR, se genera una gráfica de carga versus penetración que muestra la carga y la profundidad a la que el pistón penetró en la muestra.[20]

El valor del CBR se calcula en función de la relación entre la carga necesaria en unidades de peso por pulgada cuadrada (lb/in²) para producir una determinada penetración del pistón en el suelo.

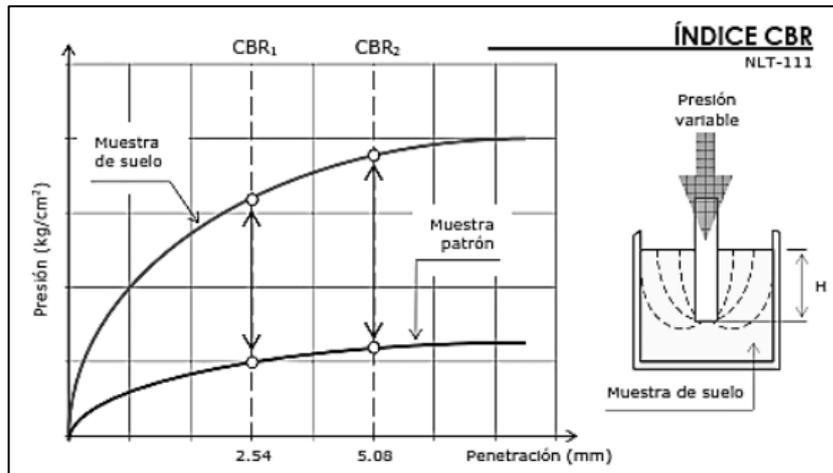


Figura 6: Determinación del índice CBR
Fuente: Construcción y Mantenimiento Bañón.

A continuación, se presenta una tabla donde con base a los valores de CBR se establece una clasificación general para el suelo.

Tabla 5: Clasificación de suelos según el CBR

Valor CBR	Clasificación General	Usos
0-3	Muy Pobre	Subrasante

3-7	Pobre a Regular	Subrasante
7-20	Regular	Sub-base
20-50	Bueno	Base, Sub-base
>50	Excelente	Base

Fuente: Manual de laboratorio de Suelos, Joseph Bowles.

1.3.2.5 Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP)

El cono dinámico de penetración (DCP) es una técnica utilizada para medir la resistencia in-situ de suelos compactados o no alterados. Se utiliza comúnmente en la inspección de estructuras pequeñas o en lugares donde el estudio de suelos a profundidad es costoso o difícil de realizar debido a la inaccesibilidad de maquinarias.

La operación del equipo implica levantar un martillo de 8 kg hasta el mango y dejarlo caer, lo que hace que golpee el yunque de acoplamiento. Se mide y registra la penetración total en términos de (mm/golpe), lo que se utiliza para evaluar la rigidez del suelo y estimar la resistencia CBR in situ a través de una correlación adecuada, o para describir otras propiedades de la resistencia del suelo. Esta herramienta se utiliza comúnmente para la inspección de estructuras pequeñas donde no se dispone de presupuesto para el estudio de suelos a profundidad o en lugares de difícil acceso para la maquinaria..[23]

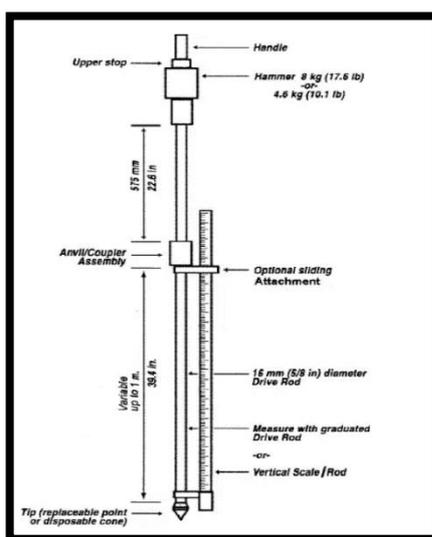


Figura 7: Equipo del DCP y sus elementos

Fuente: ASTM D 6951 – 03.

1.3.3 Correlación y Regresión

El Análisis de Correlación se refiere a la asociación que existe entre dos o más variables, cuando una de ellas guarda cierta relación con la otra.[24]

Una relación es precisa cuando todos los valores de las variables cumplen exactamente la ecuación. Si solo hay dos variables involucradas, se llama relación simple, y si hay más de dos variables, se llama correlación múltiple. Esto permite medir la fuerza de la correlación entre estas variables y determinar cómo afectaría el valor de una variable si el valor de otra variable aumentara o disminuyera.[25]

1.3.3.1 Regresión y Correlación Lineal

En el contexto de este problema, X e Y son dos variables que se analizan, y resulta beneficioso representarlas en un gráfico de dispersión para ubicar los puntos (X, Y) en un plano cartesiano. Si todos los puntos en el gráfico de dispersión se encuentran en una línea recta, se dice que existe una relación lineal entre las variables.

Si el valor de Y aumenta a medida que X aumenta, la relación se conoce como una relación positiva o directa. Si, por el contrario, el valor de Y disminuye a medida que aumenta X, se dice que la relación es negativa o inversa. [25]

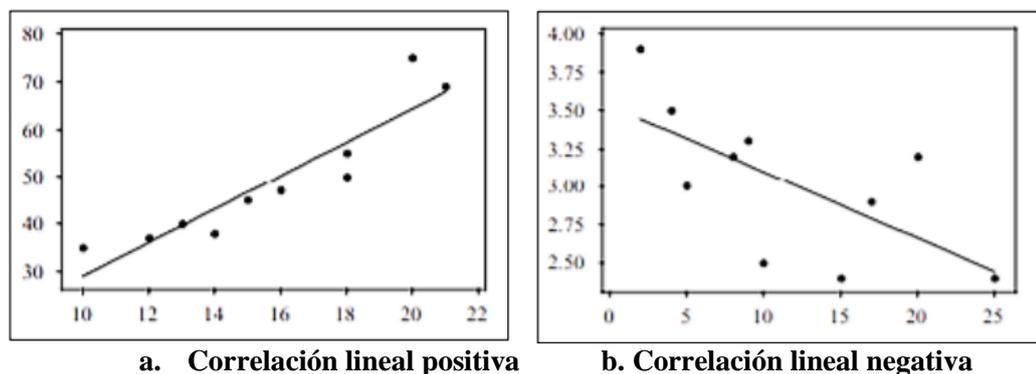


Figura 8: Distribución de correlación
Fuente: Estadística de Schaum.

1.3.3.2 Método de mínimos cuadrados

Es esencial encontrar la curva que mejor se ajuste al conjunto de datos recolectados. Al relacionar una coordenada (X_1, Y_1) con una curva C , habrá una discrepancia en cuanto a su posición en el plano (x, y) , conocida como desviación. Habrá una desviación horizontal y una desviación vertical, y el error o residuo puede ser positivo, negativo o cero. Cuanto menor sea el valor, mejor será el ajuste.[25]

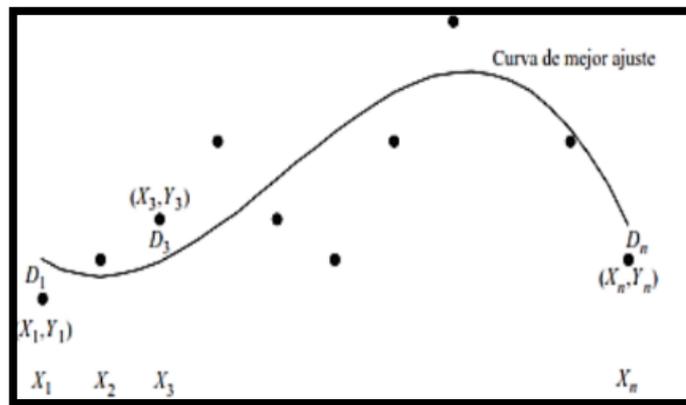


Figura 9: Curva de mejor ajuste a los puntos de dispersión
Fuente: Estadística de Schaum.

Se pueden obtener diferentes curvas a partir de un diagrama de dispersión, pero sólo una de ellas se ajustará mejor al conjunto de puntos, y esto se determinará mediante el método de Mínimos Cuadrados. La calidad del ajuste de la curva a los datos de dispersión se mide por la cantidad $D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2$, donde si esta cantidad es pequeña, el ajuste es bueno, mientras que si es grande, el ajuste es malo. Por lo tanto, la curva que minimiza la cantidad $D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2$ se conoce como curva de mínimos cuadrados o curva de ajuste óptimo.

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

$$Y = a_0 + a_1X$$

Ec: 1-12

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

$$\sum X = a_0 N + a_1 \sum X$$

Ec: 1-13

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

Ec: 1-14

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

$$Z = a_0 + a_1 X + a_2 X$$

Ec: 1-15

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

$$\sum Z = a_0 N + a_1 \sum X + a_2 \sum Y$$

Ec: 1-16

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

Ec: 1-17

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

Ec: 1-18

1.3.3.3 Coeficiente de determinación

El coeficiente de determinación o de correlación (R^2) es una medida que indica la proporción de la variación total que se explica por la variable considerada. Este coeficiente se sitúa en el intervalo entre 0 y 1, donde un valor cercano a cero indica que el ajuste es muy pobre y no existe relación entre las variables, mientras que un valor cercano a uno indica que el ajuste es excelente y que hay una relación fuerte entre las variables. En resumen, el coeficiente de correlación mide el grado de ajuste

de la curva a los datos, indicando qué porcentaje de la variación total se puede explicar por la variable considerada. [26]

Tabla 6: Rango de ajuste mediante criterios.

Criterio	R²
Excelente	≥ 0.90
Buena	0.70 – 0.89
Aceptable	0.40 – 0.69
Pobre	0.20 – 0.39
Muy Pobre	≥ 0.19

Fuente: Estadística y muestreo - Ciro Martínez Bencardino.

1.3.4 Correlación y Regresión Múltiple

Se define una correlación múltiple como una relación entre tres o más variables. Los principios básicos para estos problemas de relación complejos son similares a los de los problemas de relación simples. Al igual que en los gráficos de mínimos cuadrados para el conjunto de puntos (X, Y), se utilizan subíndices de las mismas variables en los gráficos de mínimos cuadrados en un gráfico tridimensional para el conjunto de puntos N (X1, X2, X3). Las ecuaciones de mínimos cuadrados (**Ec:** 1-16, 1-17, 1-18) se aplican para encontrar la curva que mejor se ajusta a los datos y minimizar la desviación en el eje z.[27]

Tabla 7.Valores de correlación

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

Fuente: Estadística de Schaum.[24]

1.3.5 Pavimentos

Los pavimentos se componen de múltiples capas de materiales específicos diseñados para recibir directamente las cargas generadas por el tráfico y transmitir las al suelo subyacente, a fin de evitar la deformación permanente de la estructura debido a las cargas impuestas por el tráfico.[28]



Figura 10: Estructura del pavimento.

Fuente: Guía Diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías locales para Bogotá.

El diseño de la estructura de un pavimento debe garantizar su capacidad para soportar las cargas producidas por el tráfico vehicular de manera segura, económica, funcional y sostenible, teniendo en cuenta su impacto en el medio ambiente.

1.3.5.1 Tipos de Pavimentos

1.3.5.1.1 Pavimentos rígidos

Este tipo de superficie para carreteras está constituida por diferentes capas, entre ellas se encuentran la subrasante, subbase y la capa de rodadura. La capa de rodadura es construida con hormigón hidráulico y su espesor es determinado principalmente por la calidad de la subrasante, que debe cumplir con requisitos de resistencia e incompresibilidad. La subbase juega un papel importante en la distribución uniforme de las cargas que soportará la superficie.

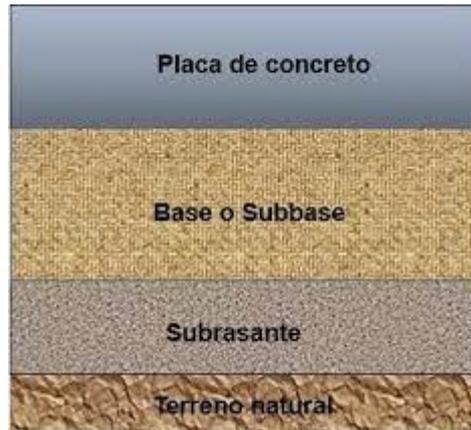


Figura 11: Estructura del Pavimento Rígido

La capacidad estructural del pavimento rígido está estrechamente ligada a la resistencia de las losas de hormigón, lo que significa que el soporte de las capas inferiores no es muy relevante en el cálculo del espesor del pavimento.[29]

1.3.5.1.2 Pavimentos articulados

Este tipo de superficie para carreteras está construida con elementos prefabricados uniformes, tales como adoquines de hormigón o ladrillos, que deben ser colocados en un patrón específico. Esta superficie es una de las más antiguas para el tránsito vehicular y su estructura, conocida como pavimento articulado, se compone de varias capas, incluyendo la subrasante, subbase, base, capa de arena (conocida también como colchón de arena) y los elementos prefabricados (adoquines). [29]

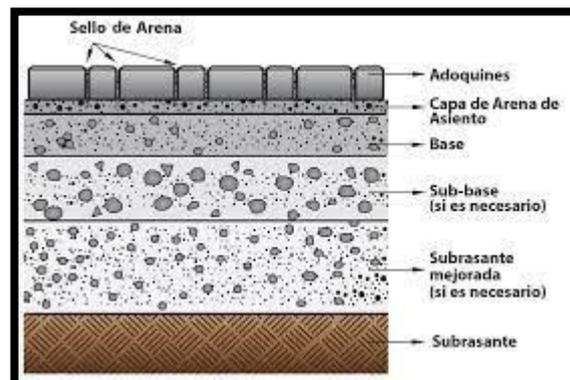


Figura 12: Estructura del Pavimento Articulado

1.3.5.1.3 Pavimentos flexibles

Este tipo de superficie para carreteras está compuesta por una capa de asfalto, sostenida por dos capas más suaves llamadas base y subbase. La capa de asfalto es menos rígida y más propensa a deformarse, lo que crea tensiones en las capas inferiores debido al tránsito vehicular. Estas tensiones se distribuyen a través de cada capa de la estructura hasta llegar a la subrasante, que debe ser lo suficientemente resistente para soportar estas cargas sin sufrir deformaciones que afecten la estructura de la vía.[29]



Figura 13: Estructura del Pavimento Flexible

1.3.5.2 Función de las capas que conforman la estructura del pavimento

1.3.5.2.1 Capa Subrasante

Esta capa, que también se conoce como la base de cimentación del pavimento, es responsable de proporcionar soporte a todo el sistema estructural del pavimento. Dependiendo del diseño vial, esta capa puede estar compuesta por el suelo natural compactado, o en algunos casos, puede requerir mejoras o incluso la sustitución del suelo original.[28]

1.3.5.2.2 Capa Sub Base

La capa intermedia del pavimento tiene la función de drenar y evitar cambios bruscos en la elasticidad, volumen o plasticidad del suelo. Esta capa se compone principalmente de agregado grueso triturado y agregado fino que funciona como ligante. Su propósito es garantizar un drenaje estructural adecuado para el pavimento.

Otra función importante de esta capa es prevenir la ascensión de humedad por capilaridad hacia las otras capas del pavimento.

1.3.5.2.3 Capa Base

La función de esta capa es transmitir y distribuir las cargas de los vehículos hacia las capas subyacentes de subbase y subrasante. Está hecha de material granular o mezclas bituminosas, estabilizadas con ligante.

1.3.5.2.4 Capa de rodadura

La capa impermeable tiene la importante tarea de proteger el conjunto estructural que conforman la base, subbase y subrasante, evitando cualquier tipo de deformación o cambio en su volumen, y también previene el desgaste que puede ser causado por el tráfico vehicular.[28]

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Analizar las correlaciones entre el CBR de laboratorio, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de la provincia de Cotopaxi.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades índice – mecánicas de los suelos de las parroquias: El Tingo y Guangaje del cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, por medio del análisis de campo y laboratorio.
- Aportar a la base de datos existente, estudios de correlación entre el CBR de laboratorio, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de las parroquias: El Tingo y Guangaje del cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi.

- Aplicar los resultados de la investigación en el diseño de pavimentos para vías rurales, de las parroquias: El Tingo y Guangaje del cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi.
- Realizar una zonificación de las diferentes áreas de los cantones estudiados, de acuerdo con la clasificación de suelos SUCS y AASHTO y las propiedades físicas y mecánicas obtenidas.

CAPITULO 2

METODOLOGÍA

2.1 Equipos y materiales

2.1.1 Ensayo pozo a cielo abierto (ASHTO T 87-70)

2.1.1.1 Materiales

- Muestra In Situ

2.1.1.2 Equipos

- Pala
- Barra
- Flexómetro
- Azadón
- Sacos
- Fundas



Figura 14. Equipos de pozo a cielo abierto

2.1.2 Ensayo densidad de campo (AASHTO T191 2014)

2.1.2.1 Materiales

- Muestra In Situ

2.1.2.2 Equipos

- Cincel
- Martillo
- Cono
- Arena de Ottawa
- Cuchareta
- Balanza
- Clavos
- Fundas
- Placa metálica
- Libreta de anotaciones



Figura 15. Equipos de densidad de campo

2.1.3 Ensayo cono dinámico de penetración (ASTM D6951-03)

2.1.3.1 Materiales

- Muestra In Situ

2.1.3.2 Equipos

- Equipo DCP
- Libreta de anotaciones

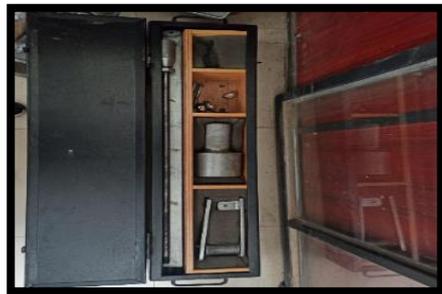


Figura 16. Equipos de cono dinámico de penetración

2.1.4 Ensayo granulometría (AASHTO T 88 2013)

2.1.4.1 Materiales

- Muestra cuarteada

2.1.4.2 Equipos

- Tamizadora
- Juego de Tamices del # 4 al #200
- Brocha
- Recipientes



Figura 17. Equipos de granulometría

2.1.5 Ensayo gravedad específica (AASHTO T 100 2015)

2.1.5.1 Materiales

- 50 gr de suelo que pasa el tamiz # 4

2.1.5.2 Equipos

- Tamiz #4
- Embudo
- Brocha
- Picnómetro
- Pipeta
- Termómetro
- Recipiente
- Baño María



Figura 18. Equipos de gravedad específica

2.1.6 Ensayo límite líquido (AASHTO T 89 2013)

2.1.6.1 Materiales

- 150 gr de suelo que pasa el tamiz # 40
- Agua

2.1.6.2 Equipos

- Espátula
- Motero de porcelana
- Pistillo de caucho
- Copa de Casa Grande
- Ocho recipientes de metal
- Acalanador



Figura 19. Equipos de límite líquido

2.1.7 Ensayo límite plástico (AASHTO T 90 2016)

2.1.7.1 Materiales

- 150 gr de suelo que pasa el tamiz # 40
- Agua

2.1.7.2 Equipos

- Motero de porcelana
- Pistillo de caucho
- Placa de vidrio
- Cinco recipientes de metal
- Regla



Figura 20. Equipos de límite líquido

2.1.8 Ensayo próctor modificado (AASHTO T 180 2018)

2.1.8.1 Materiales

- 24 kg de suelo que pasa el tamiz # 4
- Agua

2.1.8.2 Equipos

- Martillo de compactación
- Bandeja metálica cuadrada
- Enrasador
- Brocha
- Probeta graduada
- Molde con collarín y retorta
- Balanza



Figura 21. Equipos de compactación próctor modificado

2.1.9 Ensayo california bearing ratio (AASHTO T 193 2013)

2.1.9.1 Materiales

- 24 kg de suelo que pasa el tamiz # 4
- Agua

2.1.9.2 Equipos

- MULTISPEED 34-V1172



Figura 22. Equipos de CBR

En la tabla siguiente tabla de especificaciones de equipos se encuentra detallado los equipos empleados junto con su marca y versión.

Tabla 8: Especificaciones de equipos

Cono dinámico de penetración	Balanza	Horno industrial
Marca: Humbolt	Marca: Camry	Marca: Humbolt
		
Tamices	Tamizador	Maquina Multispeed
Marca: Humbolt	Marca: Controls	Marca: Controls
Versión: 2011	Versión: 15-d0407/BZ	Modelo: 34V1174
		
Copa de Casagrande	Molde Cilíndrico	Martillo Compactador
Marca: S/M	Marca: S/M	Marca: Controls
		Versión: 33T 0075
		

2.2 Métodos

2.2.1 Fase I

En la fase 1 para la determinación de las propiedades índice y mecánicas de los suelos de las parroquias El Tingo y Guangaje, se aplicó un método experimental ya que para la obtención de dichas propiedades fue necesario realizar ensayos tanto de campo como de laboratorio a su vez también se realizó un estudio descriptivo con la finalidad de encontrar las características técnicas de los suelos en estudio.

A continuación, se detallará paso a paso la metodología de cada ensayo realizado en la fase 1 con el propósito de que pueda ser replicado por futuros tesisistas, teniendo en cuenta que se ha dividido en 2 secciones, en la primera se abarcará todos los ensayos realizados en campo y en la segunda los ensayos realizados en laboratorios.

2.2.1.1 Ensayo de campo

Son aquellos ensayos realizados “in situ” es decir se realizan directamente sobre la zona estudiada del terreno, con la finalidad de evitar alterar muestras al transportarlas al laboratorio y así obtener datos más reales sobre las características del sitio, una ventaja de este tipo de ensayos es que son mucho más económicos y rápidos de realizar, pero esto no quiere decir que suplanten por completo a los ensayos de laboratorio sino más bien son un complemento de los mismos.[30]

Para estos tipos de ensayos se realizó una investigación de campo y un método experimental ya que los ensayos fueron realizados directamente en la zona de estudio.

2.2.1.1.1 Ensayo pozo a cielo abierto

Este ensayo tiene como finalidad la inspección directa del suelo que se desea investigar y la obtención de muestras representativas mismas que serán utilizadas para determinar las propiedades índice y mecánicas de los suelos, mediante ensayos de laboratorio. [31]

Para la realización de este ensayo se buscó un sitio aledaño a la vía que tenga la menor cantidad de vegetación posible con la finalidad de realizar una calicata de 1,5 m x 1,5 m de ancho y largo, con 1 metro de profundidad removiendo con anterioridad 5 cm de capa vegetal, para ello se ocupó los materiales detallados en la subsección 2.1.1., luego de extraer las muestras se utilizó sacos con fundas plásticas para evitar perder la humedad natural del suelo y mantener todas sus propiedades in situ intactas.

2.2.1.1.2 Ensayo de densidad de campo

Este ensayo tiene como finalidad determinar el grado de compactación que presenta el suelo in situ, para ser comparado con ensayos de compactación en laboratorio y así medir el porcentaje de compactación de dicho suelo.[32]

Para este ensayo se requiere haber realizado el ensayo de pozo a cielo abierto, una vez realizado eso ocupando los equipos de la subsección 2.1.2. se procedió a nivelar la base de la parte inferior de la calicata, luego se fijó la placa metálica con los clavos y se procedió a cavar con el cincel y martillo un cilindro con una profundidad de 10 cm, pesamos el material extraído y luego de eso pesamos el cono más la arena de Ottawa antes de fijar el cono a la placa, una vez pesado se fijó a la placa y se abrió la válvula para que la arena de Ottawa pueda llenar el agujero en forma de cilindro. Finalmente, una vez que dejó de caer la arena de Ottawa se procedió a pesar de nuevo el recipiente más el cono y más arena de Ottawa restante, al igual que arena drenada tanto en el hueco como en el cono por separado. [33]

2.2.1.1.3 Ensayo cono dinámico de penetración DCP

Este ensayo tiene como finalidad evaluar la resistencia de los suelos presentando ventajas tanto económicas como simplicidad en el proceso, además mediante este ensayo se puede estimar el valor de CBR en campo.[34]

Para este ensayo se requiere haber realizado el ensayo de pozo a cielo abierto, una vez realizado eso, se ocupó los equipos de la subsección 2.1.3. una vez obtenido los equipos necesarios se fijó el equipo DCP en la base inferior de la calicata y se procedió anotar la lectura inicial de la regleta, luego se empezó a dar golpes con el martillo que posee un peso de 8 kg con una altura de caída de 57,5 cm y se anotó el número de

golpes y la profundidad que marca la regleta, se repitió estos pasos hasta que la regleta marque la misma medida 5 veces indicando que ya no penetra más el suelo o en el caso de tener un suelo demasiado blando hasta que penetre completamente la profundidad de la regleta y se dio por finalizado el ensayo. [34]

2.2.1.2 Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio consisten en pruebas normadas y estandarizadas que tienen como finalidad el determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, para este tipo de ensayos se utilizó un método experimental ya que las muestras obtenidas fueron ensayadas en laboratorios.[14]

2.2.1.2.1 Ensayo de granulometría

Este ensayo tiene como finalidad el determinar qué tan uniforme son las partículas de suelos, el porcentaje de finos, gravas y arenas que posee y finalmente mediante una curva granulométrica clasificar el tipo de suelo según la SUCS. [14]

Para la realización de este ensayo se utilizó los equipos y materiales mencionados en el apartado 2.1.4 .Se comenzó pesando mil gramos de muestra del suelo estudiado, verificando que este suelo pase el tamiz # 4, posterior a ello apilamos un tamiz encima de otro desde el # 4 hasta el 200, es decir de mayor a menor, entonces se procedió a traspasar la muestra en los tamices para luego poner los tamices en la tamizadora la cual se encarga de vibrar haciendo que el suelo atraviese las mallas según su diámetro, se dejó en la tamizadora por 15 minutos y luego se procedió a pesar y anotar de forma individual las muestras retenidas en cada tamiz. [14]

2.2.1.2.2 Ensayo de gravedad específica

Este ensayo tiene como finalidad el determinar la relación de vacíos de los suelos y mediante tablas normadas se podría determinar el tipo de suelo mediante el valor de gravedad específica obtenido. [14]

Para la realización de este ensayo se utilizó los equipos y materiales mencionados en el apartado 2.1.5. Se comenzó pesando 50 gramos de muestra del suelo que pase por

el tamiz # 4, posterior a ello se pesó el picnómetro, luego se pesó el picnómetro más agua hasta la línea de aforo, y luego se quitó 1/3 del agua para introducir los 50 gramos de suelo mediante un embudo y mediante una pipeta se llenó nuevamente el agua hasta la marca de aforo y se procedió nuevamente a pesar y tomar la temperatura, luego de eso llevamos el picnómetro a la máquina de baño maría y se lo dejó reposar por 10 minutos, finalmente de forma manual damos rotaciones leves de la base del picnómetro para que así puedan salir todas las burbujas de aire y tomamos la temperatura y el peso nuevamente. [14]

2.2.1.2.3 Ensayo de limite líquido

Este ensayo tiene como finalidad determinar el porcentaje de humedad que requiere un suelo que sirve para indicar que los porcentajes inferiores a este harán que dicho suelo se comporte de forma plástica, mientras que si son porcentajes mayores al obtenido este se comportara como un fluido viscoso. [35]

Para la realización de este ensayo se utilizó los equipos y materiales mencionados en el apartado 2.1.6. Se comenzó pesando 200 gramos de muestra del suelo que pase por el tamiz # 40, posterior a ello se utilizó un mortero en el cual se mezcló dicha muestra con un porcentaje de humedad, este porcentaje de humedad depende del número de golpes que se esté ensayando, que van de 0-15, 15-25, 25-35 y de 35-45 buscando una consistencia pastosa, una vez que se obtuvo la consistencia deseada se procedió a trasladar la muestra con una espátula a la cazuela de la copa de Casagrande, comprimiendo y extendiendo la muestra sobre la misma, luego se procedió a pasar el acanalador por el centro de la muestra hasta llegar a la base de la cazuela, finalmente se encendió la máquina y se procedió a contar el número de golpes hasta que ambos surcos de suelo se unan, y se verifica 3 veces que dé el rango deseado para así tomar 2 muestras intermedias de cada surco en recipientes y ver su porcentaje de humedad, este procedimiento se repitió para cada intervalo de golpes. [35]

2.2.1.2.4 Ensayo de limite plástico

Este ensayo tiene como finalidad determinar la frontera que existe entre el estado plástico y semisólido de un suelo, a su vez mediante este ensayo y el ensayo de limite

liquido se puede obtener el índice de plasticidad el cual sirve para determinar el tipo de comportamiento que tendrá el suelo según su contenido de humedad. [14]

Para la realización de este ensayo se utilizó los equipos y materiales mencionados en el apartado 2.1.7. Se comenzó pesando 100 gramos de muestra del suelo que pase por el tamiz # 40, posterior a ello se utilizó un mortero para mezclar dicho suelo con agua, una vez que se mezcló hasta obtener una masa semejante a una plastilina se procedió a realizar rollos con la palma de la mano de 3 mm de diámetro y 5 cm de largo, finalmente se sacó el contenido de humedad y se realizó 5 veces este proceso.[14]

2.2.1.2.5 Ensayo de compactación proctor modificado

Este ensayo tiene como finalidad determinar la densidad máxima y su humedad óptima de un suelo mediante procesos de compactación, para así saber si las propiedades que presenta el suelo son óptimas o requiere de algún mejoramiento. [14]

Para la realización de este ensayo se utilizó los equipos y materiales mencionados en el apartado 2.1.8. Se comenzó pesando el cilindro con su retorta sin el collarín y tomando las dimensiones como el diámetro y la profundidad del cilindro, además se pesó 6 kg de suelo que pase el tamiz # 4 con su humedad natural, luego se puso la muestra pesada en una bandeja y se dividió en 5 partes relativamente iguales para así dividir cada capa y se puso en el cilindro armado, posterior a eso se procedió a compactar cada capa con el martillo dándole 56 golpes por capa tratando de que la última no exceda más allá de 2 cm del collarín, finalmente se procedió a quitar el collarín y a enrazar hasta el nivel del cilindro, se pesó el cilindro con la muestra compactada y se procedió a realizar nuevamente el ensayo pero esta vez agregándole un porcentaje de humedad dependiendo de qué tan saturado este el suelo este proceso de lo realizó 4 veces. [14]

2.2.1.2.6 Ensayo de CBR

Este ensayo es uno de los más importantes ya que mediante los valores obtenidos en el mismo se realizarán análisis de correlaciones lineales y múltiples, con la finalidad de llegar a determinar en base a estos valores el espesor de las capas del pavimento.

Para la realización de este ensayo se utilizó los equipos y materiales mencionados en el apartado 2.1.9. Otro de los requisitos para la realización de este ensayo es saber la humedad óptima, la densidad seca máxima y la humedad natural del suelo. Se comenzó tomando la muestra de suelo y se procedió a añadir la humedad óptima, en 3 moldes de CBR se compactó la muestra con 5 capas a 56, 27 y 11 golpes respectivamente, luego se enrazó los moldes, se retiró las placas de las bases y los falsos fondos, se colocó papel filtro sobre las bases de las placas y se voltearon los moldes, se colocó la placa perforada y el vástago así como los pesos necesarios y finalmente se colocó el trípode de medida sobre el borde del molde, coincidiendo el vástago del micro comparador y se tomó la medida durante 4 días. [14]

2.2.2 Fase II

En esta etapa se aplicó estudios correlacionales mediante los valores obtenidos de los ensayos de granulometría, gravedad específica, límites líquidos y plásticos, proctor modificado, densidad por cono y arena, DCP, y CBR, para lo cual se realizó correlaciones simples y regresiones múltiples. El procedimiento a utilizar se mostrará a continuación.

2.2.2.1 Criterios de correlación

En la siguiente tabla muestran criterios de correlación (R^2), estos se encuentran dentro del rango entre 0 a 1; si el valor de R^2 tiende a 0 significa que no existe correlación o que la correlación entre variables es muy pobre mientras que si valores de R^2 tiende a 1 significa que efectivamente las variables se correlacionan, o tienen una correlación excelente, utilizando la Tabla 6. [36]

2.2.2.2 Correlación y regresión simple

Para las correlaciones simples se utilizó el software Excel por la facilidad en el manejo y tabulación de datos, específicamente para las correlaciones simples lo que se hizo fue seleccionar dos variables X,Y, de todas las variables obtenidas en los ensayos de la fase I y mediante la herramienta del software Excel creamos una gráfica con estos valores para posterior a eso trazar una línea de tendencia sea esta lineal, logarítmica, exponencial, parabólica o polinómica, ya que mediante esta línea el software

proporciona una ecuación y un valor de correlación, una vez se obtuvo estos valores se verificó con que propiedad sean estas índices o mecánicas se correlaciona de mejor manera y así obtener una ecuación para la proyección de datos.

2.2.2.3 Correlación y regresión múltiple

Para este tipo de correlaciones se utilizó el método de mínimos cuadrados basándonos en el libro “Estadística y Muestreo” de Ciro Martínez Bencardino [37] , por lo cual se trabajó con dos variables independientes y una dependiente. De la misma manera el coeficiente de correlación R^2 va de 0 a 1 en función de estas variables antes mencionadas. En este tipo de regresión se utilizó métodos matemáticos como: el algebraico y matricial con el propósito de determinar incógnitas de las ecuaciones Ec: 1-15, 1-16, 1-17, 1-18.

Al no saber los valores de a_0, a_1, a_2 lo que se hizo es crear una matriz con el sistema de ecuaciones basándonos en el libro de “Estadística y Muestreo” [37], como se muestra a continuación.

$$\underbrace{\begin{bmatrix} n & \sum X & \sum Y \\ \sum X & \sum X^2 & \sum XY \\ \sum Y & \sum XY & \sum Y^2 \end{bmatrix}}_{\text{Matriz A}} = \underbrace{\begin{bmatrix} \sum Z \\ \sum XZ \\ \sum YZ \end{bmatrix}}_{\text{Matriz B}}$$

Posterior a eso se calculó la inversa de la matriz A para ser multiplicada por la matriz B, el resultado de esta multiplicación son los valores de a_0, a_1, a_2 . Una vez se obtuvo todas las incógnitas se pudo determinar la ecuación lineal múltiple. Sin embargo, Excel al no contar con una herramienta que calcule el coeficiente de correlación R^2 , lo que se hizo fue calcular introduciendo formulas en Excel para esto se utilizó las siguientes ecuaciones.

$$S_1^2 = \frac{\sum (x_1 - \bar{x}_1)^2}{n} \quad S_{1.23} = + \sqrt{\frac{\sum (x_1 - \hat{X}_1)^2}{n}} \quad R_{1.23} = \sqrt{1 - \frac{S_{1.23}^2}{S_1^2}}$$

Ec: 2-19

2.2.3 Fase III

En esta fase se aplicó una investigación de campo para lo cual se llevó a cabo un conteo vehicular de 12 horas durante 7 días, según establece la normativa MTOP [38], se estableció una estación de conteo manual desde el 07 de noviembre del 2022 hasta el 13 de noviembre del mismo año desde las 07:00 am hasta las 19:00 horas. El método utilizado para este diseño de pavimentos fue el método de la treintava hora. Los cálculos necesarios para el diseño de pavimento se detallarán a continuación.

2.2.3.1 Cálculo factor hora pico

Para determinar el factor de hora pico fue necesario realizar previamente un conteo vehicular, posterior a eso se aplicó la siguiente formula.[39]

$$FHP = \frac{VHMD}{N * Q_{15 \text{ máx}}}$$

Ec: 2-20

Donde:

VHMD: Volúmen horario de máxima demanda.

Q_{15 máx}: Flujo máximo durante 15 minutos.

N: Numero de periodos durante la hora de máxima demanda.

2.2.3.1 Cálculo tráfico promedio diario anual (TPDA)

Para el cálculo del TPDA se utilizó la siguiente fórmula en donde el valor de k se obtuvo de la Tabla 10.[39]

$$TPDA = \frac{VHP * FHP}{k}$$

Ec: 2-21

Donde:

VHP: Volúmen de vehículos durante la hora pico.

FHP: Factor de hora pico, se considera 1 si al momento de realizar los cálculos el valor de FHP es inferior a 1

k: Porcentaje de la 30va hora de diseño, dependiendo de la zona.

Tabla 9: Valor de K en función de la zona.

Zona	k
Urbana	8 - 12 %
Rural	12 - 18 %

Fuente: MTOP, 2023

Los cálculos del TPDA se obtuvieron dependiendo del tipo de vehículo por lo que se calculó un TPDA para vehículos livianos, camiones y buses, finalmente para el TPDA actual de la vía lo que se hizo fue sumar todos los TPDA aplicando la siguiente formula.[39]

$$TPDA_{actual} = TPDA_{livianos} + TPDA_{buses} + TPDA_{camiones}$$

Ec: 2-22

2.2.3.2 Cálculo del tráfico atraído (Ta)

Para el cálculo del tráfico atraído se dividió el cálculo según el tipo de vehículo, y se utilizó la siguiente fórmula.[39]

$$Ta = 10\% TPDA$$

Ec: 2-23

2.2.3.3 Cálculo del tráfico generado (Tg)

Para el cálculo del tráfico generado se dividió el cálculo según el tipo de vehículo, y se utilizó la siguiente fórmula.[39]

$$Tg = 20\% TPDA$$

Ec: 2-24

2.2.3.4 Cálculo del tráfico desarrollado (Td)

Para el cálculo del tráfico generado se dividió el cálculo según el tipo de vehículo, y se utilizó la siguiente fórmula.[39]

$$Td = 5\% TPDA$$

Ec: 2-25

2.2.3.5 Cálculo del TPDA total

Para el cálculo del tráfico promedio diario total (TPDA total) se sumó el tráfico promedio diario actual (TPDA actual), el tráfico total atraído (Ta), el tráfico total generado (Tg), y el tráfico total desarrollado (Td), como se muestra en la siguiente fórmula.[39]

$$TPDA_{Aproximado} = TPDA_{actual} + Ta + Tg + Td$$

Ec: 2-26

2.2.3.6 Cálculo del tráfico futuro

Se proyectó que la vía tendrá un periodo de diseño de 20 años, por lo que se utilizó la siguiente fórmula.[39]

$$Tf = TPDA_{Total} * (1 + i)^n$$

Ec: 2-27

Donde:

Tf: Tráfico futuro.

TPDA_{Total}: Tráfico promedio diario anual del año de estudio.

i: Tasa de crecimiento del tránsito, o índice de crecimiento.

n: Periodo de diseño.

En donde la tasa de crecimiento del tránsito se obtuvo de la Tabla 11 del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). [38]

Tabla 10: Tabla de la tasa de crecimiento anual vehicular (%).

Tasa de crecimiento anual del tráfico (%)			
Periodo	Livianos	Buses	Camiones
2015 - 2020	3.97	1.97	1.94
2020 - 2025	3.57	1.78	1.74
2025 - 2030	3.25	1.62	1.58
2030- 2035	3.25	1.62	1.58
2035 - 2040	3.25	1.62	1.58
2040- 2045	3.25	1.62	1.58

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, MTO-2003.

2.2.3.7 Tipo de vía en función del tráfico futuro

Para saber el tipo de vía en función del tráfico futuro se utilizó la tabla 12 proporcionada por el del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO).[38]

Tabla 11: Tipo de carretera según el TPDA.

Función	Clase de Carretera	TPDA
Corredor arterial	RI ó RII	Más de 8000
	I	De 3000 a 8000
Colectora	II	De 1000 a 3000
	III	De 300 a 1000
Vecinal	IV	De 100 a 300
	V	Menos de 100

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, MTO-2003.

2.2.3.8 Diseño del pavimento método AASHTO 93

Una vez realizado los cálculos anteriores se aplicó el método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos, este método fue desarrollado en Estado Unidos, Illinois a finales de los años 50, este método se basa en determinar un número estructural llamado SN, el cual ayuda a determinar la carga que el pavimento puede soportar y se calcula mediante la siguiente ecuación. [38]

$$\text{Log}_{10}(W_{18}) = Z_r * S_o + \text{log}_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{log}_{10}(Mr) - 0.87$$

Ec: 2-28

Donde:

W₁₈: Ejes equivalentes.

Z_r: Desviación estándar normal.

S_o: Desviación estándar global.

SN: Número estructural.

ΔPSI: Pérdida de serviciabilidad.

Mr: Módulo de resiliencia.

2.2.3.9 Periodo de diseño

La vía en estudio es una vía de bajo volumen vehicular, por lo que se utilizó la Tabla 13 proporcionada por la normativa AASHTO 1993.[40]

Tabla 12: Periodo de diseño en base al tipo de carretera.

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30 - 50
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20 - 50
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15 - 25
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito	10

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

2.2.3.10 Número de ejes equivalentes

Para determinar el número de ejes equivalentes, es necesario conocer el factor de daño (FD) que estos ejes producen al circular por la carretera durante el periodo de diseño, para lo cual se debe tener en cuenta que para el método AASHTO 93 todo vehículo que pese menos de 8.2 Ton no se toma en cuenta para el cálculo. [40]

2.2.3.11 Factor de daño

Para el factor de daño se utilizó la Tabla 14 proporcionada por la NEVI-12, en donde nos indica el peso según el número de ejes equivalentes.

Tabla 13: Cuadro demostrativo de tipo de vehículos motorizados remolques y semiremolques.

CUADRO DEMOSTRATIVO DE TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES						
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				largo	Ancho	Alto
2-D			7	5,00	2,60	3,00
2DA			10	7,50	2,60	3,50
2DB			18	12,20	2,60	4,10
3-A			27	12,20	2,60	4,10
4-C			31	12,20	2,60	4,10

Fuente: NEVI-12, Norma para estudios y diseños viales.

Para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula que determina el daño para camiones tipo 2DA.

$$FD_{2DA} = \left(\frac{\text{Peso eje 1 (Ton)}}{6.6} \right)^4 + \left(\frac{\text{Peso eje 2 (Ton)}}{6.6} \right)^4$$

Ec: 2-29

2.2.3.12 Factor de distribución por carril

Para el factor de distribución por carril se utilizó la Tabla 15 proporcionada por la AASHTO 93.[40]

Tabla 14: Factor de distribución por carril.

N° de carriles por sentido	% W18 en el carril de diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4 o más	50-75

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

2.2.3.13 Cálculo de número de ejes equivalentes acumulados W18

Para el cálculo de número de ejes equivalentes se utilizó la siguiente formula proporcionada por la AASHTO 93.[40]

$$W_{18} = (Fd * TPDA_{buses} * 365) + (Fd * TPDA_{pesados} * 365)$$

Ec: 2-30

Donde:

W₁₈: Ejes equivalentes.

FD: Factor de daño.

TPDA_{buses}: Tráfico promedio diario anual de buses.

TPDA_{pesados}: Tráfico promedio diario anual de pesados.

Fd: Factor de distribución por carril.

2.2.3.14 Confiabilidad (R)

Para el grado de confiabilidad se utilizó la Tabla 16 según la norma AASHTO 1993, guía para el diseño de la estructura del Pavimento en donde nos dice que el nivel de confianza está en función del tipo de la vía.[40]

Tabla 15: Nivel de confianza según el tipo de vía.

Clasificación	Nivel de Confianza Recomendado	
	Urbano	Rural
Interestatal y Autopista	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Calles colectoras	80-95	75-95
Calles locales	50-80	50-80

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento

2.2.3.15 Desviación estándar normal (Zr)

El valor de desviación estándar normal depende del nivel de confianza, siguiendo la normativa AASHTO 1993, se utilizó la siguiente tabla.

Tabla 16: Desviación estándar Zr según su confiabilidad (R).

Confiabilidad (R)	Desviación Estandar 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: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

2.2.3.16 Desviación estándar global (So)

Se puede decir que la desviación estándar global es un factor de seguridad, que intenta compensar errores en la determinación del tránsito futuro, así como errores en el

comportamiento de los vehículos durante el periodo de conteo vehicular. Por esto la AASHTO 1993, proporciona la siguiente tabla.

Tabla 17: Desviación estándar Normal (So)

Desviación Estándar Normal (So)	
Pavimentos rígidos	0.30 - 0.40
Pavimentos flexibles	0.40 - 0.50

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

2.2.3.17 Cálculo del índice de serviciabilidad

Para el cálculo del índice de serviciabilidad se utilizó la siguiente fórmula proporcionada por la AASHTO 1993.[40]

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

Ec: 2-31

Donde:

ΔPSI : Perdida de serviciabilidad.

$PSI_{inicial}$: Serviciabilidad inicial.

PSI_{final} : Serviciabilidad final.

De acuerdo con la norma AASHTO 93 para el diseño de pavimento, el valor de la serviciabilidad inicial para carreteras de importancia media y baja es de 4.2, mientras que la serviciabilidad final es de 2.0 para caminos de tránsito menor. [40]

2.2.3.18 Módulo de resiliencia (Mr)

El módulo resiliente determina la capacidad de soporte de los suelos, el cual ayuda a determinar la resistencia de la capa subrasante, ayuda a determinar las deformaciones recuperables del suelo ante la aplicación de cargas determinando de esta manera el comportamiento del suelo ante la presencia de cargas dinámicas.[38]

El método de diseño AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles establece las siguientes formular para determinar el módulo de resiliencia de la subrasante en relación al valor de CBR.[40]

$$Mr (psi) = 1500 CBR (CBR > 10 \%)$$

Ec: 2-32

$$Mr (psi) = 3000 CBR^{0.65} (10\% < CBR < 20\%)$$

Ec: 2-33

$$Mr (psi) = 4326 \ln(CBR) + 241 (CBR > 20\%) \text{ Para suelos granulares}$$

Ec: 2-34

2.2.3.19 Determinación de los coeficientes estructurales de cada capa que conforma el paquete estructural

Para determinar los espesores de las diferentes capas que conforman el paquete estructural, es necesario determinar los valores de SN, para lo cual se usa la siguiente expresión:

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

Ec: 2-35

Donde:

a₁ – a₂ – a₃: Coeficientes estructurales de la carpeta asfáltica, base y subbase.

D₁ – D₂ – D₃: Espesores de la carpeta asfáltica, base y subbase.

m₂ – m₃: Coeficiente de drenaje.

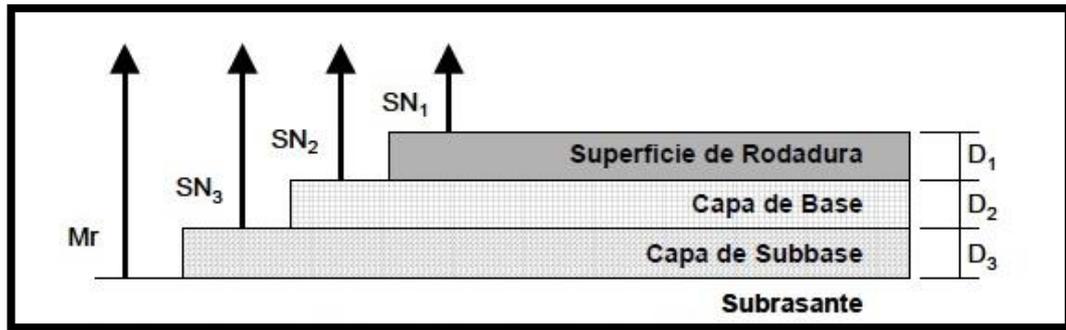


Figura 23: Distribución de las capas según su SN.

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

2.2.3.20 Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica (a_1)

Mediante la AASHTO 93, nos recomienda un valor mínimo de la estabilidad Marshall de 1800 lb, para vehículos pesados, en base a este valor y a la aplicación del siguiente nomograma se obtuvo el coeficiente a_1 . [40]

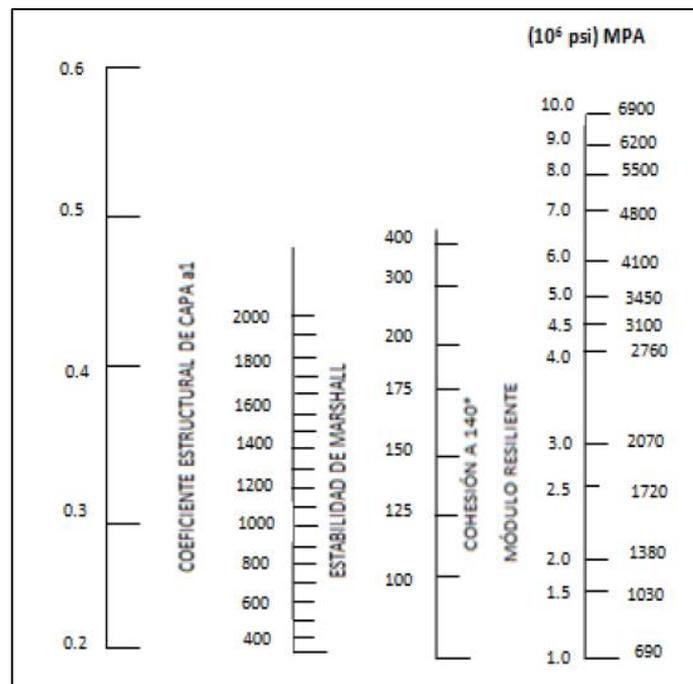


Figura 24: Nomograma para determinar el coeficiente estructural a_1 .

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

2.2.3.21 Coeficiente estructural de la base (a_2)

Para el diseño de la capa base, la norma MTOP en su apartado de especificaciones técnicas sección 404-1.02. Materiales, establece que el valor de soporte de CBR deberá

ser igual o mayor al 80%. Este valor se representará en el nomograma para obtener el coeficiente a_2 . [38]

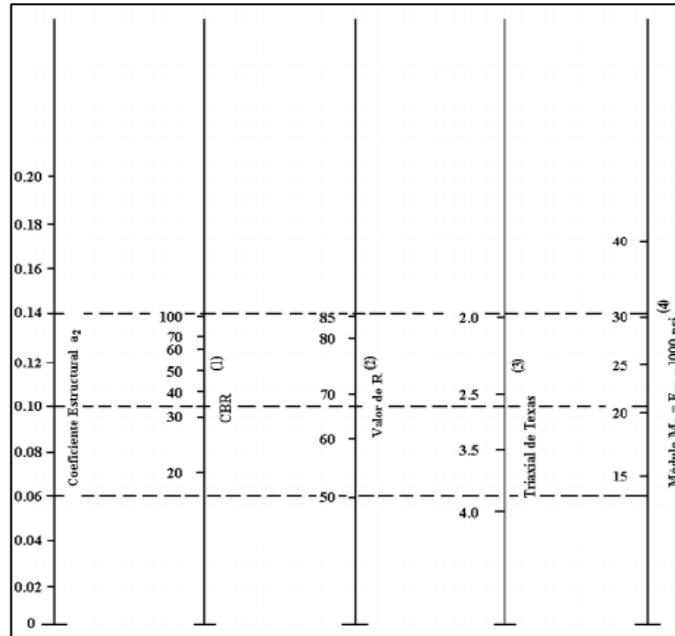


Figura 25: Nomograma para determinar el coeficiente estructural a_2 .

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

2.2.3.22 Coeficiente estructural de la subbase (a_3)

Para el diseño de la capa subbase, la norma MTOP en su apartado de especificaciones técnicas sección 403-1.02. Materiales, establece que la capacidad de soporte CBR deberá ser igual o mayor al 30%. Este valor se representará en el nomograma para obtener el coeficiente a_3 . [38]

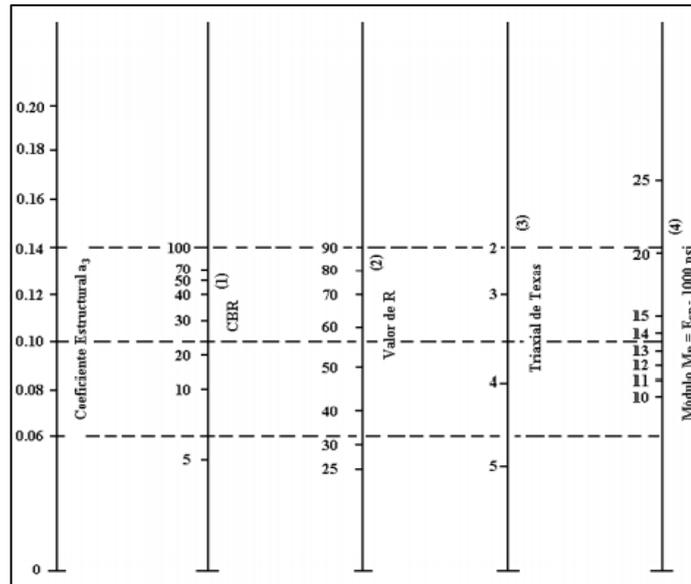


Figura 26: Gráfica para determinar el coeficiente estructural a_3 .

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

2.2.3.23 Coeficiente de drenaje (m_2 , m_3)

Los coeficientes de drenaje dependen de la capacidad que tiene el pavimento para drenar el agua presente en la superficie, es el tiempo que se tarda el pavimento en desalojar el agua.

Para determinar el coeficiente de drenaje de la parroquia El Tingo y Guangaje fue necesario acudir a los anuarios meteorológicos proporcionados por el INAMHI y conocer la distribución de la precipitación durante todo un año. La estación meteorológica más cercana es la M0124 que se encuentra en San Juan La Mana de donde se obtuvo la siguiente figura.

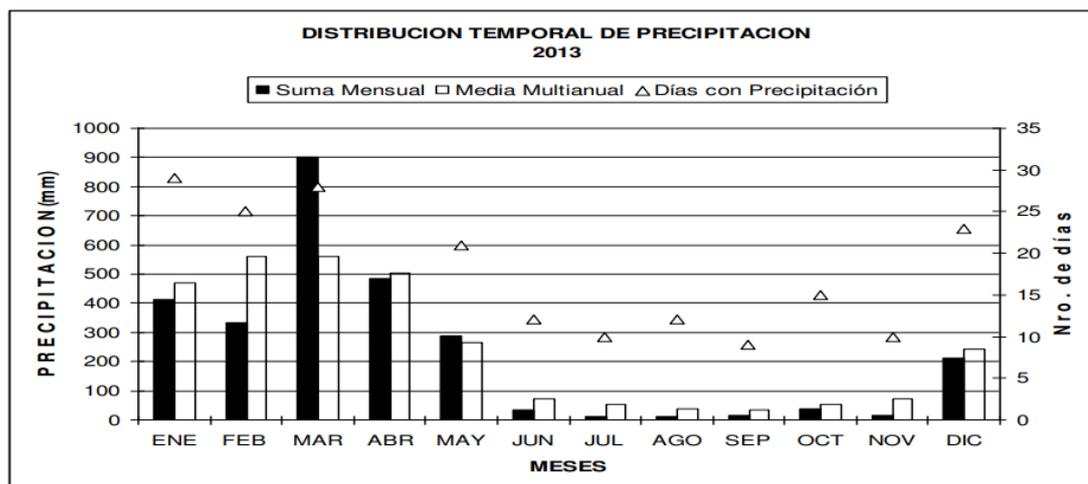


Figura 27: Distribución temporal de precipitación 2013.

Fuente: INAMHI 2013, Anuario Meteorológico.

En base a figura 27 se puede realizar una estimación de la calidad de drenaje siguiendo los criterios proporcionados en la Tabla 19 por la AASHTO 1993.[40]

Tabla 18: Calidad de drenaje.

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

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

Para determinar los coeficientes de drenaje se utilizó la Tabla 20 proporcionada por la AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.[40]

Tabla 19: Coeficiente de drenaje

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 - 5 %	5 - 25 %	> 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1,2
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0,8
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0,6
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0,4

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

2.2.3.24 Espesores mínimos

Los espesores mínimos según los ejes equivalentes se obtuvieron de la siguiente tabla proporcionada por la AASHTO 93. [40]

Tabla 20: Espesores según eje W 8.2.

Eje W 8.2 Ton	Carpeta asfáltica D1 (cm)	Capa base D2 (cm)
Menos de 50 000	3,0	10,0
50 001 a 150 000	5,0	10,0
150 001 a 500 000	6,5	10,0
500 001 a 200 0000	7,5	15,0
2 000 001 a 7 000 000	9,0	15,0
>7 000 000	10,0	15,0

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

2.2.3.25 Determinación de los espesores del paquete estructural

2.2.3.25.1 SN1 - Carpeta asfáltica

Para calcular el número estructural de la carpeta asfáltica se utilizó la siguiente fórmula proporcionada por la AASHTO 93.[40]

$$SN_1 = a_1 * D_1$$

Ec: 2-36

Donde:

D_1 = Espesor mínimo de la carpeta asfáltica

a_1 = Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica

2.2.3.25.2 SN2 - Base

Para calcular el número estructural de la base se utilizó la siguiente fórmula proporcionada por la AASHTO 93.[40]

$$SN_2 = a_2 * D_2 * m_2$$

Ec: 2-37

Donde:

D_2 = Espesor mínimo de la base

a_2 = Coeficiente estructural de la base

m_2 = Coeficiente de drenaje

2.2.3.25.3 SN3 - Sub - Base

Para calcular el número estructural de la sub-base se utilizó el software “Aashto.exe”, ya que facilita el cálculo del SN_3 y es necesario para comprobar que el diseño este bien hecho.

Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
Reliability (R) So

Serviciabilidad inicial y final
PSI inicial PSI final

Módulo resiliente de la subrasante
Mr psi

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

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

Número Estructural
SN =

Observaciones

Calcular Salir

Figura 28: Captura del programa Aashto.exe

Fuente: Software Ecuación AASHTO 93.

Una vez se obtuvo el SN_3 por medio del programa, se aplicó la siguiente fórmula.

$$D_3 \geq \frac{SN_3 - SN_2 - SN_1}{a_3 * m_3}$$

Ec: 2-38

Donde:

D_3 = Espesor mínimo de la sub – base

a_3 = Coeficiente estructural de la sub – base

m_3 = Coeficiente de drenaje

SN_3 = Número estructural de la sub – base (programa)

SN_2 = Número estructural de la base

SN_3 = Número estructural de la carpeta asfáltica

Para el espesor de la sub-base se debe tener en cuenta que el valor que se obtuvo debe ser redondeado a múltiplos de 5. Una vez que se obtuvo el espesor de la sub-base se aplica la siguiente fórmula, para obtener un SN_3 real

$$SN_3 = a_3 * D_3 * m_3$$

Ec: 2-39

Finalmente, se comprobó que este bien diseñado mediante la siguiente fórmula.

$$\sum SN (\text{calculado}) \geq SN_3 \text{ Programa}$$

Ec: 2-40

2.2.4 Fase IV

En esta fase se aplicó una investigación de campo y un estudio descriptivo ya que se realizó una zonificación de las áreas estudiadas, mediante el uso del GPS y el programa

Arcgis, además se realizó una descripción de las características de los suelos de la zona comparándolos con las normas SUCS y AASHTO.

2.2.4.1 Norma SUCS

El método SUCS considera una clasificación de acuerdo a su granulometría definiéndolos como granulares o cohesivos, dependiendo del porcentaje que pase el tamiz #200, es decir si más del 50% pasa son suelos cohesivos, pero si retiene más del 50% son suelos granulares. A su vez, para la clasificación de suelos granulares el método SUCS divide para gravas (G) si más del 50% es retenido en el tamiz #4 y para arenas (S) si más del 50% pasa por el tamiz #4. [41]

Además, tanto arenas como gravas pueden clasificarse como:

W.... Bien graduadas

P.... Mal graduadas

M.... Limosas

C.... Arcillosas

Tabla 21: Sistema de clasificación SUCS

SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS USCS						
GRUESOS < 50% que pasa 0,08 mm						
Tipo de suelo	Símbolo	% Ret. en 5mm	% que pasa* 0,08mm	C _u	C _c	Índice de Plasticidad * IP
Gravas	GW	≥50% de lo retenido en 0.08 mm	< 5	> 4	1 a 3	
	GP			Si no Cumple requisitos de GW es GP		
	GM		> 12			< 0,73 (WL-20) o < 4
	GC					> 0,73 (WL-20) y > 7
Arenas	SW	<50% de lo retenido en 0.08 mm	< 5	> 6	1 a 3	
	SP			Si no Cumple requisitos de SW es SP		
	SM		> 12			< 0,73 (WL-20) o < 4
	SC					> 0,73 (WL-20) y > 7
*Entre 5 y 12 % usar símbolo doble como GW-GC, GP-GM, SW-SM,SP-SC						
**Si IP ≈0,73(WL-20) o si IP entre 4 y 7 e IP>0,73(WL-20), usar símbolo doble: GM-GC,SM-SC						
En casos dudosos favorecer clasificación menos plástica Ej.: GW-GM en vez de GW-GC						

2.2.4.1 Norma AASHTO

Este sistema es utilizado para clasificar el suelo en siete grupos, para lo cual se basa tanto en la granulometría como en el límite líquido y límite plástico, este sistema fue creado en 1929 y modificado en el año 1945 por el Departamento de caminos de los EUA.[41]

El sistema AASHTO clasifica el suelo de la siguiente manera:

Grava: Material que pasa en el tamiz de 80 mm y es retenido en el tamiz de 2 mm.

Arena: Material que pasa por el tamiz de 2 mm y es retenido en el tamiz de 0,08 mm.

Limo y Arcilla: Material que pasa en el tamiz de 0,08 mm.

Tabla 22: Sistema de clasificación AASHTO

SISTEMA DE CLASIFICACION AASHTO											
Clasificación General	Suelos granulares ($\leq 35\%$ pasa 0,08 mm)						Suelos finos ($>35\%$ Bajo 0,08 mm)				
Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Sub-grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*				A-7-5** A-7-6**
2 mm	≤ 50										
0,5 mm	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
0,08 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35				≥ 36			
WL				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
IP	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Descripción	Gravas y Arenas		Arena fina	Gravas y arenas Limosas o Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
** A-7-5 : $IP \leq (WL-30)$						A-7-6 : $IP > (WL-30)$					
$IG = (F - 35)(0,2 + 0,005 (WL - 40)) + 0,01 (F - 15)(IP - 10)$ <p>* Para A-2-6 y A-2-7 : $IG = 0,01 (F - 15)(IP - 10)$ Si el suelo es NP $\rightarrow IG = 0$; Si $IG < 0 \rightarrow IG = 0$</p>											

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

Como población subjetiva para la presente investigación se delimito a los suelos pertenecientes a las vías estudias de las parroquias El Tingo y Guangaje, de la provincia de Cotopaxi. Las vías sujetas de estudio son:

- Vía Santa Cecilia – Puenbo Chico
- Vía La esperanza – Tualo
- Vía Tigua Casa Quemada – Sumirrumi
- Vía Capilla de Guayama – Comuna Guangaje

Mediante este proyecto se busca encontrar las propiedades índice y mecánicas de los suelos

2.3.2 Muestra

Se tomaron 3 muestras por cada vía, dando un total de 12 muestras mismas que fueron extraídas de un lado de la vía mediante pozos a cielo abierto con dimensiones de 1,5 m x 1,5 m y una profundidad de 1 m, retirando alrededor de 5 cm de capa vegetal. Se tomó 50 kg por cada calicata para la realización de los diferentes ensayos de laboratorio.

Tabla 23: Ubicación de las 12 muestras.

PUNTO	UBICACIÓN	POZO	COORDENADAS	
			ESTE (m)	NORTE (m)
1	Santa Cecilia - Puembo Chico	P1	703482	9897856
2		P2	704724	9896845
3		P3	706349	9895808
4	La Esperanza - Tahualo	P1	716356	9898770
5		P2	716830	9900219
6		P3	718263	9901390
7	Tigua Casa Quemada - Sumirrumi	P1	742060	9899384
8		P2	740770	9899408
9		P3	738745	9900053
10	Capilla de Guayama - Comuna Guangaje	P1	741071	9904630
11		P2	741648	9905074
12		P3	741880	9906220

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUCION

2.4 Análisis y discusión de los resultados

2.4.1 Etapa I

Se obtuvo las propiedades índices y mecánicas de las 12 muestras de suelo de la parroquia El Tingo y Guangaje. A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos en los ensayos de campo y laboratorio.

Tabla 24: Resumen de las propiedades mecánicas

N° PUNTO	UBICACIÓN	POZO	DENSIDAD DE CAMPO		COMPACTACIÓN			CBR %					DCP
			DENSIDAD HÚMEDA IN SITU γ_m (g/cm ³)	DENSIDAD SECA IN SITU γ_d (g/cm ³)	w% ÓPTIMO	PESO VOLUMÉTRICO SECO γ_d (g/cm ³)	GRADO DE COMPACTACIÓN G _c (%)	90 % γ_d máx.		95 % γ_d máx.			
								0.1 in	0.2 in	0.1 in	0.2 in	MÁXIMO	DN mm/golpe
1	Santa Cecilia - Puembo Chico	P1	1,385	1,121	22,50	1,408	79,62%	5	5,72	8,5	9	9	70,25
		P2	1,567	1,321	15,05	1,698	77,79%	9	8,8	11,5	12,5	12,5	6,46
		P3	1,420	1,192	19,15	1,642	72,64%	7,4	8	10,75	11,8	11,8	38,07
2	La Esperanza - Tahualo	P1	1,838	1,419	17,81	1,648	86,09%	7,25	8,6	11,25	13,9	13,9	49,41
		P2	1,154	0,993	18,28	1,694	58,62%	11,9	13,1	12,9	14,4	14,4	44,07
		P3	1,492	1,253	16,11	1,597	78,48%	5,8	6,9	11,65	13	13	37,39
3	Tigua Casa Quemada - Sumirrumi	P1	1,353	1,172	19,73	1,742	67,27%	13	17,5	18	23,2	23,2	37,90
		P2	0,849	0,668	15,10	1,691	39,53%	10	10,75	15,2	15,85	15,85	36,88
		P3	1,167	0,940	13,08	1,766	53,21%	18,5	22,1	22,3	24,5	24,5	15,62
4	Capilla de Guayama - Comuna Guangaje	P1	0,684	0,565	11,78	1,783	31,72%	14,9	19	17,5	27	27	29,08
		P2	1,030	0,951	16,45	1,673	56,84%	14,8	16,3	21	22,4	22,4	31,24
		P3	1,387	1,167	15,77	1,728	67,55%	8	9,6	19,85	22,3	22,3	19,95

Tabla 25: Resumen de las propiedades índice

PUNTO N°	PARROQUIAS	UBICACIÓN (Vías de Inicio – Fin)	POZO	%w Natural	GRANULOMETRÍA						LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE PLÁSTICO (%)	GRAVEDAD ESPECÍFICA	DENSIDAD DE CAMPO				CLASIFICACIÓN	
					% G grava	% S arena	% F fino	Cu	Cc	TNM (mm)					RELACIÓN DE VACÍOS e	POROSIDAD n (%)	GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA Gw (%)	GRADO DE SATURACIÓN DEL AIRE Ga (%)	SUCS	AASHTO
1	EL TINGO	Santa Cecilia - Puembo Chico	P1	53,81	0,00	93,00	7,00	7,78	1,07	2,00	42,13	39,99	2,14	2,667	1,86	58,18	47,59	52,41	SW-SM	A-2-5 (0)
			P2	59,95	0,00	92,00	8,00	3,49	1,39	0,60	22,19	20,33	1,86	2,668	2,28	49,15	44,66	55,34	SP-SM	A-2-4 (0)
			P3	56,78	0,00	95,00	5,00	4,04	1,02	2,00	29,72	27,44	2,28	2,664	3,37	54,97	41,16	58,84	SW- SM	A-2-4 (0)
2		La Esperanza - Tahualo	P1	29,52	0,00	93,00	7,00	10,00	1,28	4,76	34,87	23,16	11,70	2,685	0,70	41,05	67,13	32,87	SW-SC	A-2-6*
			P2	16,18	0,00	92,00	8,00	12,35	1,01	2,36	37,84	24,58	13,26	2,694	1,67	62,52	25,65	74,35	SW-SC	A-2-6*
			P3	19,06	0,00	93,00	7,00	13,27	1,12	4,76	38,29	24,63	13,66	2,697	0,86	46,27	14,80	85,20	SW-SC	A-2-6*
3	GUANGAJE	Tigua Casa Quemada - Sumirrumi	P1	15,46	0,00	73,00	27,00	9,46	0,54	1,18	23,63	21,08	2,54	2,658	1,26	55,82	32,66	67,34	SM	A-2-4 (0)
			P2	27,07	0,00	89,00	11,00	6,14	1,02	1,18	33,72	27,99	5,73	2,653	2,81	73,75	20,85	79,15	SW-SM-SC	A-2-4 (0)
			P3	24,19	0,00	87,00	13,00	6,09	0,88	1,18	28,44	23,94	4,50	2,657	1,84	64,79	36,13	63,87	SP-SM-SC	A-2-4 (0)
4		Capilla de Guayama - Comuna Guangaje	P1	20,93	0,00	93,00	7,00	3,88	1,18	1,18	21,39	19,36	2,03	2,651	3,78	79,07	16,33	83,67	SP-SM	A-2-4 (0)
			P2	14,76	0,00	74,00	26,00	7,35	0,95	0,43	22,42	20,63	1,80	2,653	1,60	61,51	1,64	98,36	SM	A-2-4 (0)
			P3	18,79	0,00	83,00	17,00	6,84	0,82	1,18	19,75	19,17	0,58	2,654	1,27	55,85	38,82	61,18	SM	A-2-4 (0)

Autor: Bryan Mayorga

2.4.1.1 Análisis e interpretación

Analizando los valores de compactación de la Tabla 25 y comparándolos con las propiedades índice de la Tabla 26, se puede verificar que suelos areno arcillosos presentan menores densidades secas máximas al ser compactados, esto debido al comportamiento que presentan las arcillas según la tesis “Influencia De Las Condiciones De Compactación En La Presión De Preconsolidación De Un Suelo” en donde nos indica que la densidad seca máxima depende de varios factores entre ellos la presencia de finos (arcillas), y el grado de saturación [4].

Como se pudo evidenciar en la Tabla 26 la mayoría de suelos son arenas limosas y arcillosas como se indicaba en el “Atlas socioambiental de Cotopaxi: Programa para la Conservación de la Biodiversidad, Páramos y Otros Ecosistemas Frágiles del Ecuador (CBP)”, en donde nos indica que en zonas interandinas de Pujilí se encuentran suelos arenosos debido a una baja meteorización y poca retención de humedad [2] y esto se puede comprobar con los contenidos de humedad natural obtenidos de la parroquia Guangaje ya que esta parroquia se encuentra en zonas andinas dándonos valores bajos que van desde 14.76 % y un máximo de 27.07 %. De la misma manera nos indica que en sectores con menos altitud se encuentran suelos arcillo-arenosos con poca profundidad como es el caso de la parroquia El Tingo en donde según la clasificación SUCS se ha determinado que existe presencia de arcillas dándonos suelos areno arcillosos y areno limosos, esto se determinó en base a el índice de plasticidad dándonos valores altos que van de 11.70 a 13.66 en suelos areno arcillosos mientras que en suelos limosos se obtuvo valores de 1.86 a 2.28.

2.4.2 Etapa II

Una vez concluido los ensayos tanto de campo como de laboratorio se realizaron con dichos valores un análisis de correlación tanto lineal como múltiple. A continuación, se mostrarán las gráficas de correlación que han tenido mayor relación entre variables., junto con la ecuación y el análisis de cada gráfica.

2.4.2.1 Correlación N°1

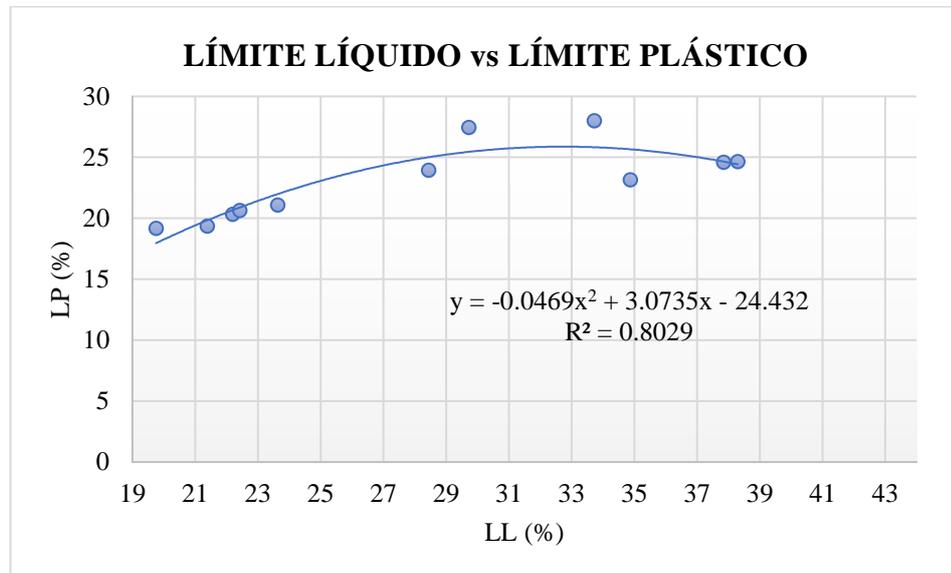


Figura 29: Correlación polinómica de segundo grado entre el límite líquido y el límite plástico
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$LP(\%) = -0.0469 * LL(\%)^2 + 3.0735 * LL(\%) + 24.432$$

Ec: 3-41

Coefficiente de correlación:

$$R^2 = 0.8029$$

2.4.2.1.1 Análisis e interpretación

Para el análisis gráfico entre el límite líquido y el límite plástico se correlacionaron 11 muestras para obtener la Figura 29.

Mediante la Figura 29, se pudo evidenciar al trazar una línea de tendencia polinómica de segundo grado que el límite líquido y el límite plástico presentan una correlación directamente proporcional, esto quiere decir que mientras el límite líquido aumenta, el límite plástico aumentará proporcionalmente, y de la misma forma si el límite líquido disminuye, el límite plástico también lo hará, ya que presentan un $R^2=0.8029$ clasificándolo como bueno según la Tabla 6. [36]

2.4.2.2 Correlación N°2

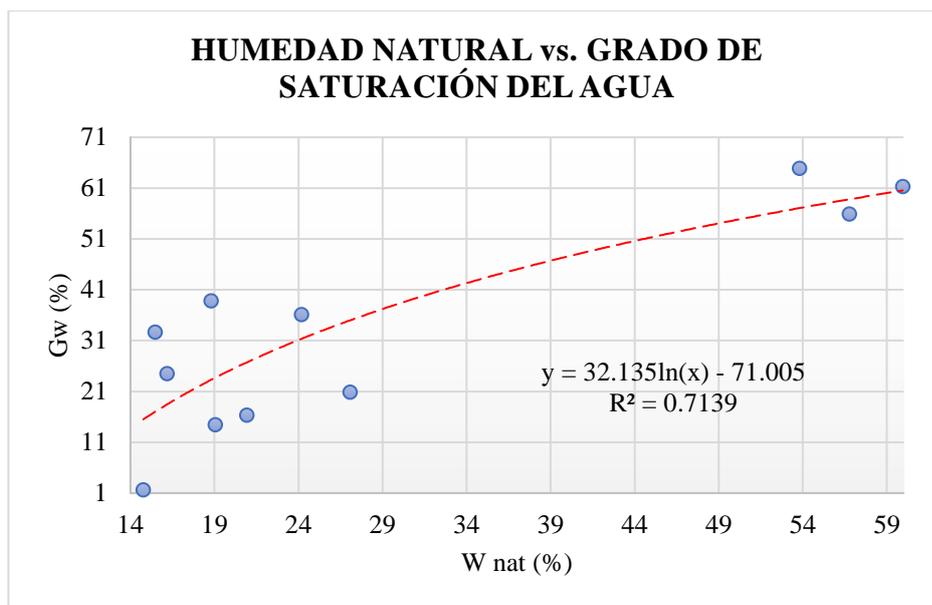


Figura 30: Correlación logarítmica entre la humedad natural y el grado de saturación del agua

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$Gw(\%) = 32.135 * \ln(Wnat\%) - 71.005$$

Ec: 3-4

Coefficiente de correlación:

$$R^2 = 0.7139$$

2.4.2.2.1 Análisis e interpretación

Para el análisis gráfico entre la humedad natural y el grado de saturación del agua se correlacionaron 11 muestras para obtener la Figura 30.

Mediante la Figura 30, se pudo evidenciar al trazar una línea de tendencia logarítmica que la humedad natural y el grado de saturación del agua presentan una correlación directamente proporcional, esto quiere decir que mientras mayor sea el contenido de humedad natural, mayor va a ser el grado de saturación del agua, y esto tiene mucho sentido ya que si nos fijamos en la fórmula para obtener el grado de saturación del agua podemos ver que tiene como variables el volumen del agua dividido entre el volumen de vacíos, y al transformar el peso del agua a volumen, utilizamos su densidad que es igual a 1 gr/cm^3 es por esta razón que se obtuvo un $R^2 = 0.7139$ clasificando dicha correlación como buena según la Tabla 6. [36]

2.4.2.3 Correlación N°3

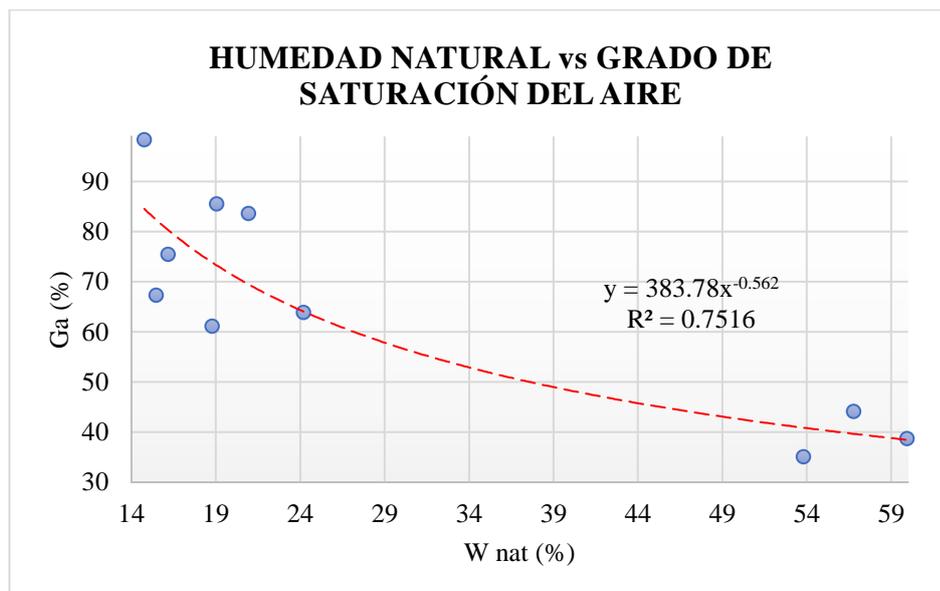


Figura 31: Correlación potencial entre la humedad natural y el grado de saturación del aire.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$Ga(\%) = 383.78 * Want\%^{-0.562}$$

Ec: 3-43

Coefficiente de correlación:

$$R^2 = 0.8241$$

2.4.2.3.1 Análisis e interpretación

Para el análisis gráfico entre la humedad natural y el grado de saturación del aire se correlacionaron 10 muestras para obtener la Figura 31.

Mediante la Figura 31, se pudo evidenciar al trazar una línea de tendencia potencial que la humedad natural y el grado de saturación del aire presentan una correlación inversamente proporcional, esto quiere decir que mientras mayor sea el contenido de humedad natural, menor va a ser el grado de saturación del aire, contrastando con la realidad ya que según las relaciones volumétricas y gravimétricas en una masa de suelo existen 3 tipos de volúmenes el sólido, el líquido y el gaseoso, entonces mientras mayor sea el volumen que ocupa el agua en una masa de suelo menor será el volumen de aire, ya que estos espacios contenidos de aire serán desplazados por el agua. Además, existe una correlación $R^2=0.8241$ clasificándola como buena según la Tabla 6. [36]

2.4.2.4 Correlación N°4

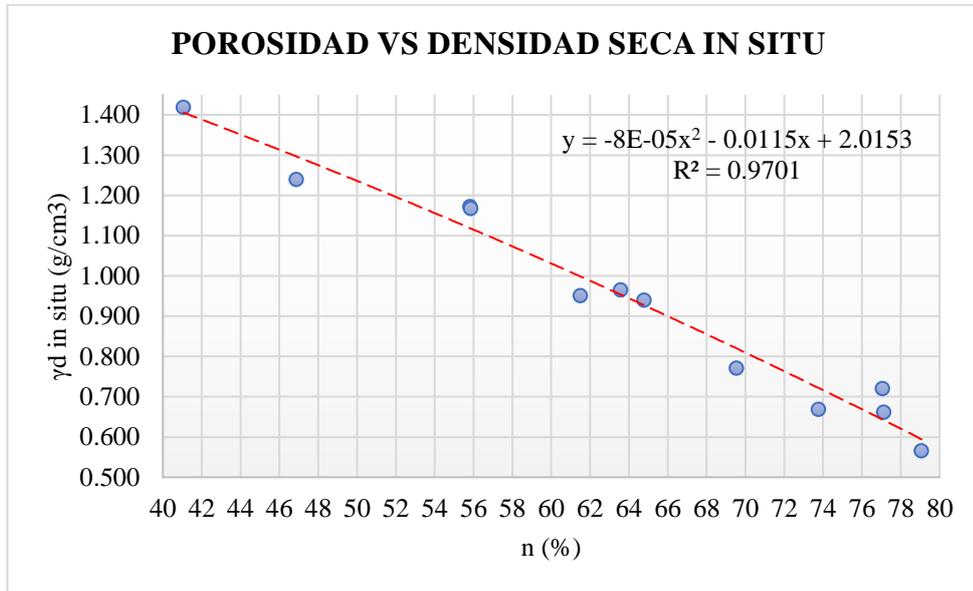


Figura 32: Correlación logarítmica entre la porosidad en porcentaje y densidad seca in situ
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$\gamma d \text{ in situ} = -8E-05 * n(\%)^2 - 0.0115 * n(\%) + 2.0153$$

Ec: 3-44

Coefficiente de correlación:

$$R^2 = 0.9701$$

2.4.2.4.1 Análisis e interpretación

Para el análisis gráfico entre la porosidad y densidad seca in situ se correlacionaron 11 muestras para obtener la Figura 32.

Mediante la Figura 32, se pudo evidenciar al trazar una línea de tendencia polinómica de segundo grado que la porosidad y densidad seca in situ presentan una correlación inversamente proporcional, esto quiere decir que mientras mayor sea la porosidad de un suelo, menor será su densidad seca in situ, esto hace sentido pues la porosidad no es más que los espacios entre partículas de suelo en porcentaje, por ende si hay más

espacios entre estas partículas quiere decir que el suelo va a estar menos compacto en consecuencia su densidad seca sería menor. Además, existe una correlación $R^2=0.9701$ clasificándola como excelente según la Tabla 6. [36]

2.4.2.5 Correlación N°5

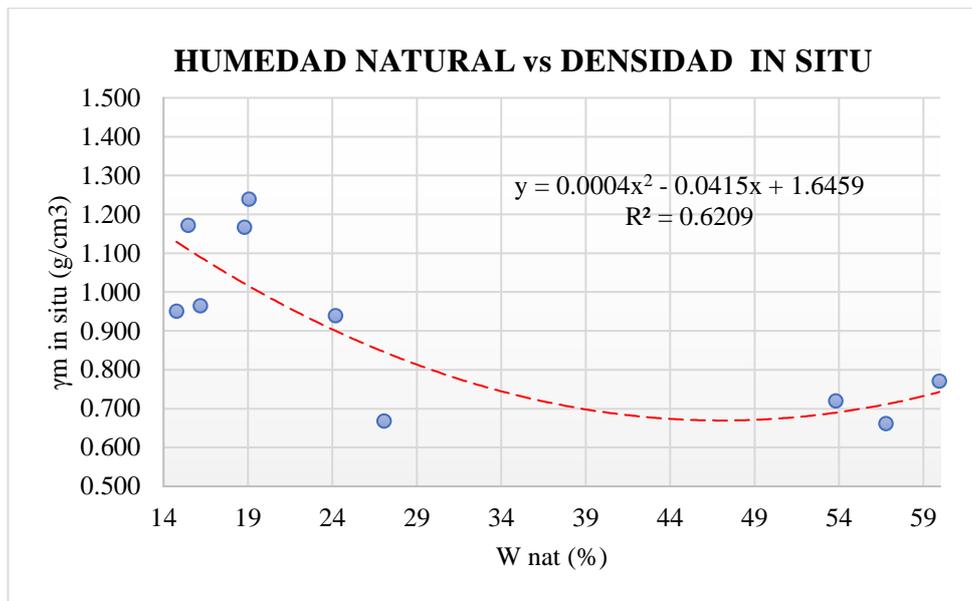


Figura 33: Correlación polinómica entre la humedad natural y densidad seca in situ

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$\gamma_d \text{ in situ} = 0.0004 * W_{nat\%}^2 - 0.0415 * W_{nat\%} + 1.6459$$

Ec: 3-45

Coefficiente de correlación:

$$R^2 = 0.6209$$

2.4.2.5.1 Análisis e interpretación

Para el análisis gráfico entre la humedad natural y densidad seca in situ se correlacionaron 10 muestras para obtener la Figura 33.

Mediante la Figura 33, se pudo evidenciar al trazar una línea de tendencia polinómica de segundo grado que la humedad natural y densidad seca in situ presentan una correlación inversamente proporcional en humedades naturales bajas de 14% a 44%, esto quiere decir que a humedades naturales bajas se obtendrá una densidad seca in situ alta, mientras que a partir de la humedad natural al 44% existe una pequeña tendencia a correlacionarse de forma directa. La explicación a esto sería que para que un suelo tenga mayor humedad natural debería tener mayor espacio entre sus partículas donde esta humedad se almacene, esto también depende del tipo de suelo por lo que la correlación obtenida es apenas aceptable según la Tabla 6, dándonos un $R^2= 0.6209$. [36]

2.4.2.6 Correlación N°6

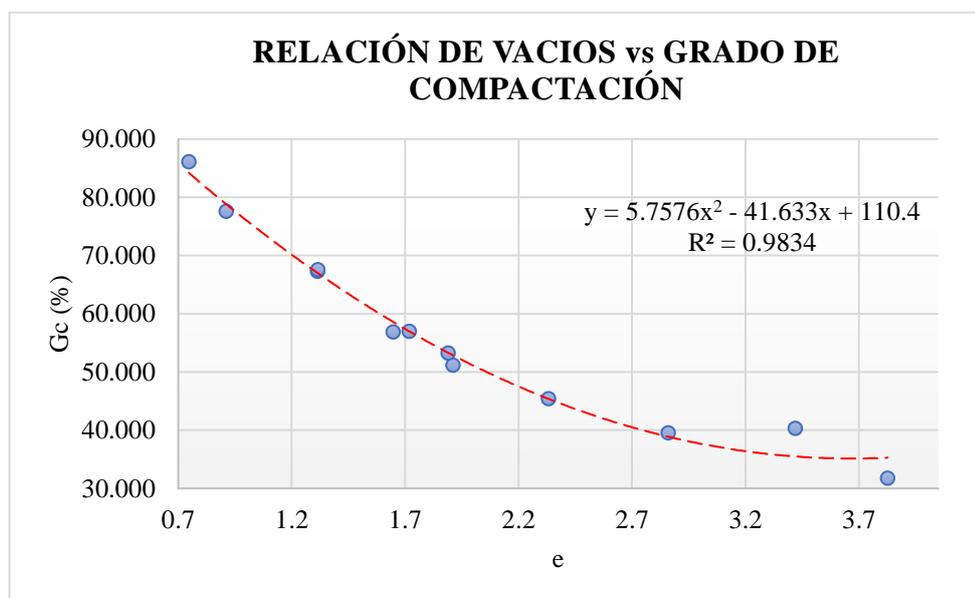


Figura 34: Correlación polinómica entre la relación de vacíos y el grado de compactación

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$G_c (\%) = 5.7576 * e^2 - 41.633 * e + 110.4$$

Ec: 3-4

Coefficiente de correlación:

$$R^2 = 0.9834$$

2.4.2.6.1 Análisis e interpretación

Para el análisis gráfico entre la relación de vacíos y el grado de compactación se correlacionaron 11 muestras para obtener la Figura 34.

Mediante la Figura 34, se pudo evidenciar al trazar una línea de tendencia polinómica de segundo grado que la relación de vacíos y el grado de compactación presentan una correlación inversamente proporcional, esto quiere decir que mientras mayor sea la relación de vacíos, menor será el grado de compactación, esto es muy importante de analizar pues el grado de compactación nos indica la relación que existe entre la densidad seca in situ y la obtenida en los laboratorios en porcentaje, por ende si existe una mayor concentración de vacíos en la muestra la densidad seca in situ será menor y en consecuencia el grado de compactación también disminuiría, la correlación para estas variables es de $R^2 = 0.9834$ clasificándola como buena según la Tabla 6. [36]

2.4.2.7 Correlación N°7

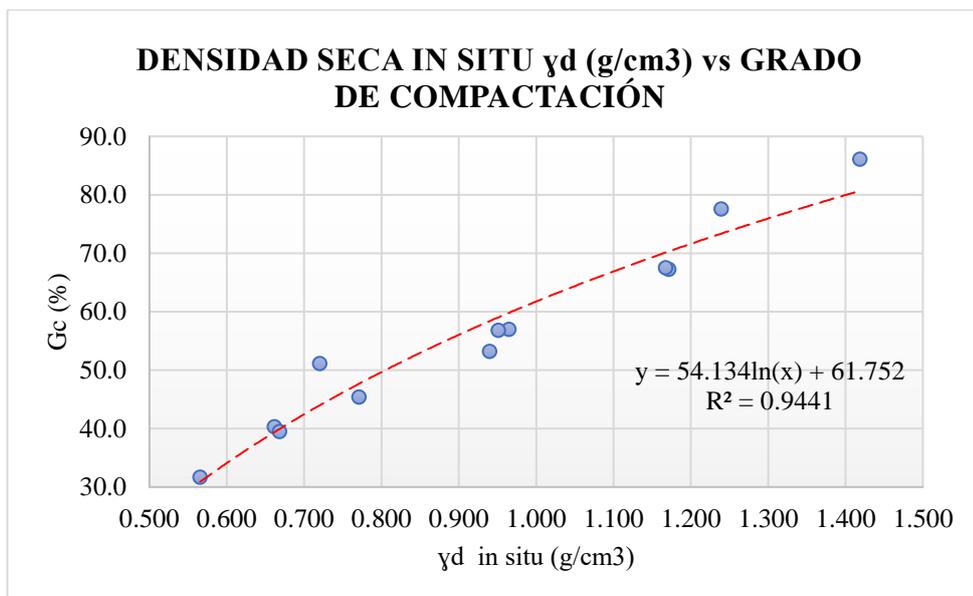


Figura 35: Correlación logarítmica entre la relación de vacíos y la densidad seca in situ

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$G_c (\%) = 54,134 \ln (\gamma_d \text{ in situ}) + 61,752$$

Ec: 3-47

Coefficiente de correlación:

$$R^2 = 0.9441$$

2.4.2.7.1 Análisis e interpretación

Para el análisis gráfico entre la relación de vacíos y el grado de compactación se correlacionaron 12 muestras para obtener la Figura 35.

Mediante la Figura 35, se pudo evidenciar al trazar una línea de tendencia logarítmica que la densidad seca in situ y el grado de compactación presentan una correlación directamente proporcional, esto quiere decir que mientras mayor sea la densidad seca in situ mayor será el grado de compactación, concluyendo que efectivamente tiene relación con la realidad pues para determinar el grado de compactación se usa como variables la densidad seca in situ y la densidad máxima de laboratorio, por este motivo se obtuvo un $R^2 = 0.9441$ clasificándola como buena según la Tabla 6. [36]

2.4.2.8 Correlación Nª 8

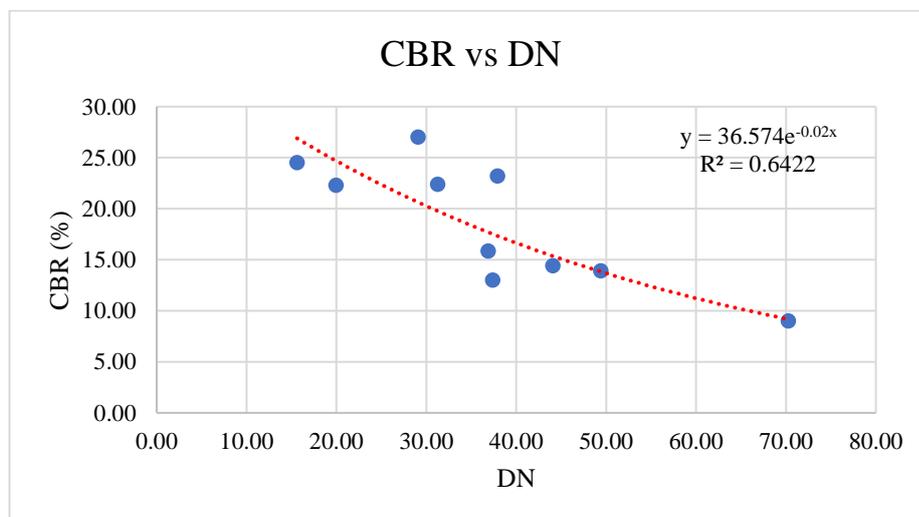


Figura 36: Correlación potencial entre el CBR (%) y el DN
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$\text{CBR\%} = 36.574 * e^{-0.02*DN}$$

Ec: 3-48

Coefficiente de correlación:

$$R^2= 0.7373$$

2.4.2.8.1 Análisis e interpretación

Para el análisis gráfico entre la relación el DN y el CBR se analizaron 10 muestras para obtener la Figura 36.

Mediante la Figura 36, se pudo evidenciar al trazar una línea de tendencia potencial que el DN y CBR presentan una correlación inversamente proporcional, esto quiere decir que mientras mayor sea el valor DN obtenido mediante el ensayo de DCP en campo menor será el CBR obtenido, esto tiene mucho sentido ya que el DCP mide los milímetros que penetra el suelo por golpe, por ende mientras mayor sea este valor el suelo presentará menor resistencia al corte y en consecuencia una menor capacidad portante del suelo por este motivo se obtuvo un $R^2= 0.7373$ clasificándola como buena según la Tabla 6. [36]

2.4.2.9 Correlación Nª 9

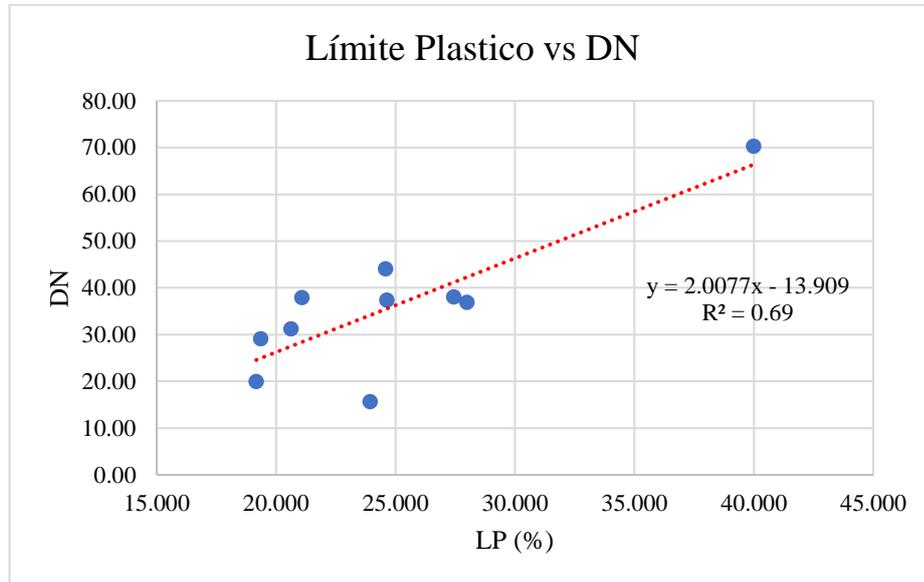


Figura 37: Correlación lineal entre el LP y el DN
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$DN = 2.0077 * LP\% - 13.909$$

Ec: 3-49

Coefficiente de correlación:

$$R^2 = 0.69$$

2.4.2.9.1 Análisis e interpretación

Para el análisis gráfico entre el límite plástico y el DN se correlacionaron 10 muestras para obtener la Figura 37.

Mediante la Figura 37, se pudo evidenciar al trazar una línea de tendencia lineal que el límite plástico y el DN presentan una correlación inversamente proporcional, tiene mucho sentido ya que suelos granulares no plásticos como arenas o gravas son suelos que presentan una mayor resistencia al corte, y por ende son suelos que no presentan un límite líquido, por el contrario suelos con presencia de arcilla o limo cuentan con límites líquidos altos pero su resistencia al corte es muy baja por ende la correlación

obtenida tiene coherencia dándonos un $R^2=0.69$ clasificándola como aceptable según la Tabla 6. [36]

2.4.2.10 Correlación N° 10 y N° 11

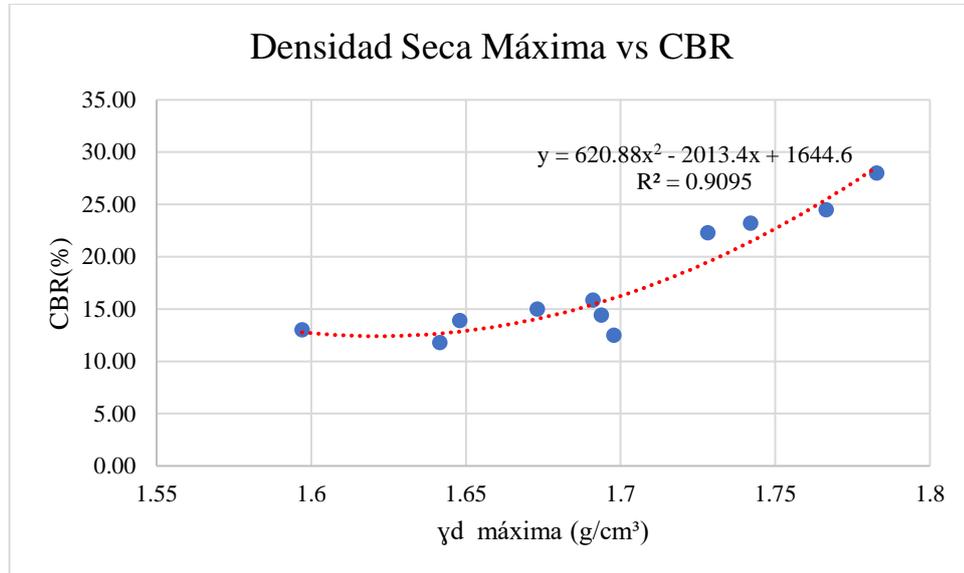


Figura 38: Correlación lineal entre el CBR y la densidad seca máxima
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$\text{CBR}(\%) = 620,88 \gamma_d \text{ máxima}^2 - 2013,4 \gamma_d \text{ máxima} + 1644,6$$

Ec: 3-50

Coefficiente de correlación:

$$R^2 = 0.9095$$

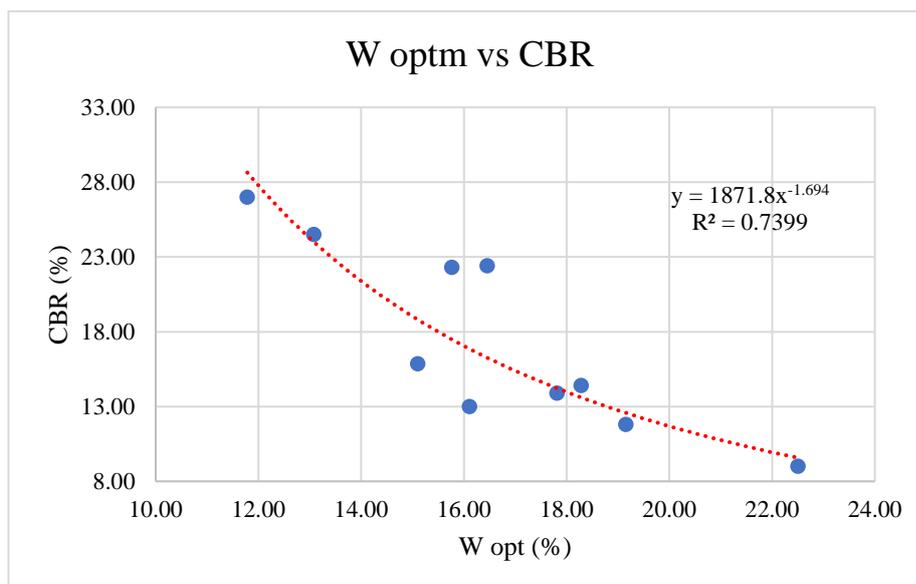


Figura 39:Correlación lineal entre la humedad optima y el CBR.
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$CBR(\%) = 1871,8 W_{opt}(\%)^{-1,694}$$

Ec: 3-51

Coefficiente de correlación:

$$R^2= 0.7658$$

2.4.2.10.1 Análisis e interpretación

Para el análisis gráfico entre la densidad seca máxima y el CBR se correlacionaron 11 muestras para obtener la Figura 38 mientras que para el grafico de CBR y la humedad optima se correlacionaron únicamente 10 muestras para obtener la Figura 39.

Mediante la Figura 38 y 39, se pudo evidenciar al trazar una línea de tendencia polinómica y potencial respectivamente, que la densidad seca máxima y el CBR presenta una correlación directamente proporcional, mientras que la humedad optima con el CBR presentan una correlación inversamente proporcional lo que significa que al tener mayor densidad seca máxima y una menor humedad óptima se obtendrá un CBR mayor en igual proporción, analizando esta correlación se determinó que esto se

debe al proceso que se utiliza para la determinación de CBR ya que para el mismo se usa la densidad seca máxima y la humedad óptima obtenida en los ensayos de compactación por ende tiene sentido que estas dos variables tengan mucha relación con los valores de CBR obtenidos, por consiguiente nos dio valores de $R^2=0.9095$ y $R^2=0.7658$ clasificándolos como excelentes y buenos según la Tabla 6. [36]

2.4.2.11 Correlación Nª 12

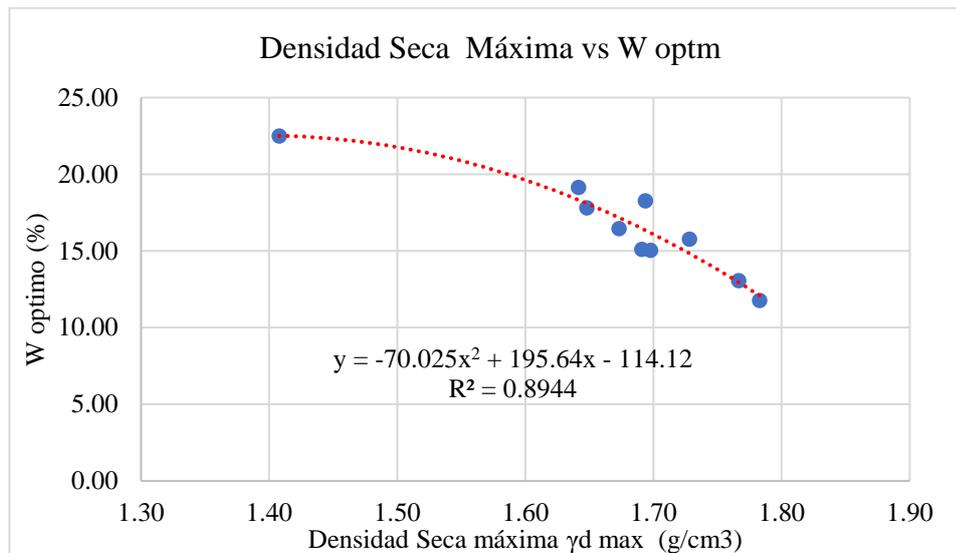


Figura 40:Correlación polinómica entre la densidad seca máxima y el W opt (%)
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$W_{opt}(\%) = -70.025 * (\gamma_d \max)^2 + 195.64 * \gamma_d \max - 114.12$$

Ec: 3-52

Coefficiente de correlación:

$$R^2 = 0.8944$$

2.4.2.11.1 Análisis e interpretación

Para el análisis gráfico entre la densidad seca máxima y el porcentaje de humedad óptimo se correlacionaron 10 muestras para obtener la Figura 40.

Mediante la Figura 40 se pudo evidenciar al trazar una línea de tendencia polinómica que la densidad seca máxima y el porcentaje de humedad óptima presentan una correlación inversamente proporcional, es decir mientras mayor sea la humedad óptima que requiera un suelo menor densidad seca máxima tendrá, en proporción a una correlación obtenida de $R^2=0.8944$ clasificando la correlación como buena según la Tabla 6. [36]

2.4.2.12 Correlación Nª 13

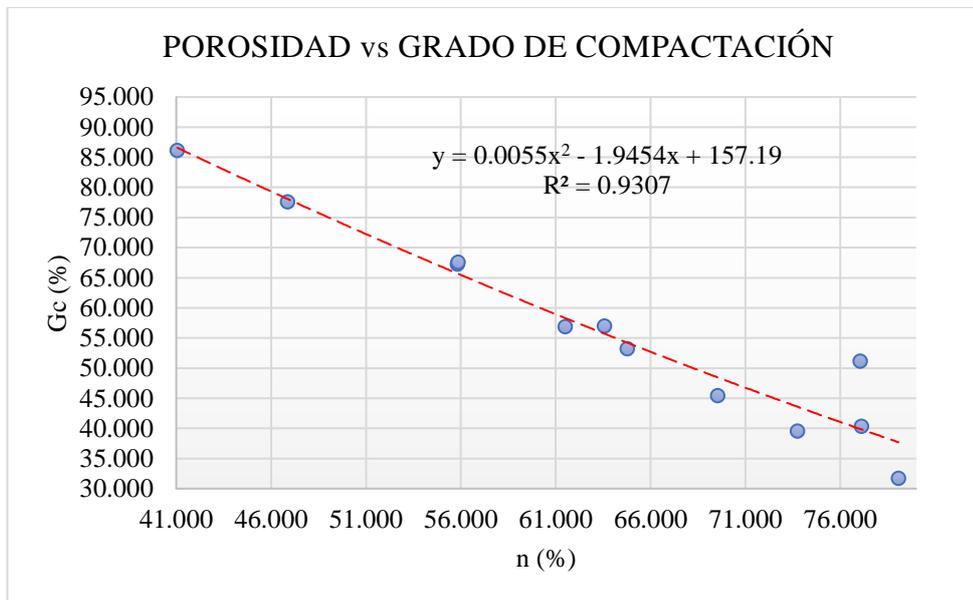


Figura 41:Correlación polinómica entre la porosidad y el grado de compactación.
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$Gc(\%) = 0.0055 * n(\%)^2 - 1.9454 * n(\%) + 157.19$$

Ec: 3-53

Coefficiente de correlación:

$$R^2 = 0.9307$$

2.4.2.12.1 Análisis e interpretación

Para el análisis gráfico entre la porosidad y el grado de compactación se correlacionaron 11 muestras para obtener la Figura 41.

Mediante la Figura 41 se pudo evidenciar al trazar una línea de tendencia polinómica que la porosidad y el grado de compactación presentan una correlación inversamente proporcional, es decir mientras mayor sea la porosidad que presente un suelo menor será el grado de compactación, contrastando con la realidad ya que la porosidad indica el volumen de espacios vacíos dentro de una muestra de suelo, por consiguiente un suelo con mayor espacios vacíos tendrá menor grado de compactación, en proporción a una correlación obtenida de $R^2=0.9307$ clasificándolo la correlación como excelente según la Tabla 6. [36]

2.4.2.13 Correlación Nª 14

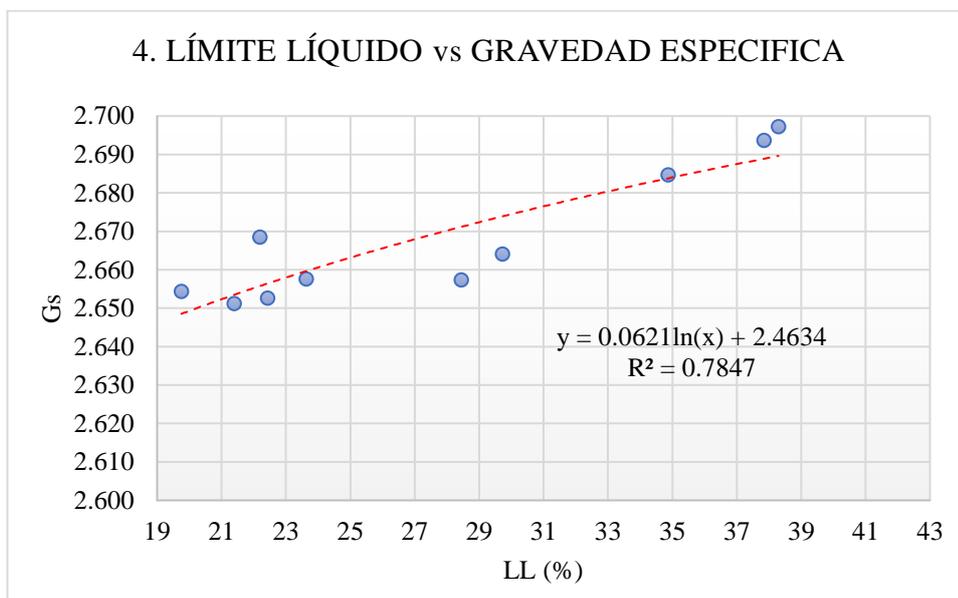


Figura 42:Correlación logarítmica entre el límite líquido y el Gs.
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$G_s = 0.0621 * \ln(LL(\%)) + 2.4634$$

Ec: 3-54

Coefficiente de correlación:

$$R^2 = 0.7847$$

2.4.2.13.1 Análisis e interpretación

Para el análisis gráfico entre el límite líquido y el límite plástico se correlacionaron 10 muestras para obtener la Figura 42.

Mediante la Figura 42 se pudo evidenciar al trazar una línea de tendencia logarítmica que el límite líquido y el límite plástico presentan una correlación inversamente proporcional, es decir mientras mayor sea el límite líquido mayor será su gravedad específica, en proporción a una correlación obtenida de $R^2=0.7847$ clasificándolos como buenos según la Tabla 6. [36]

2.4.2.14 Correlación Nª 15

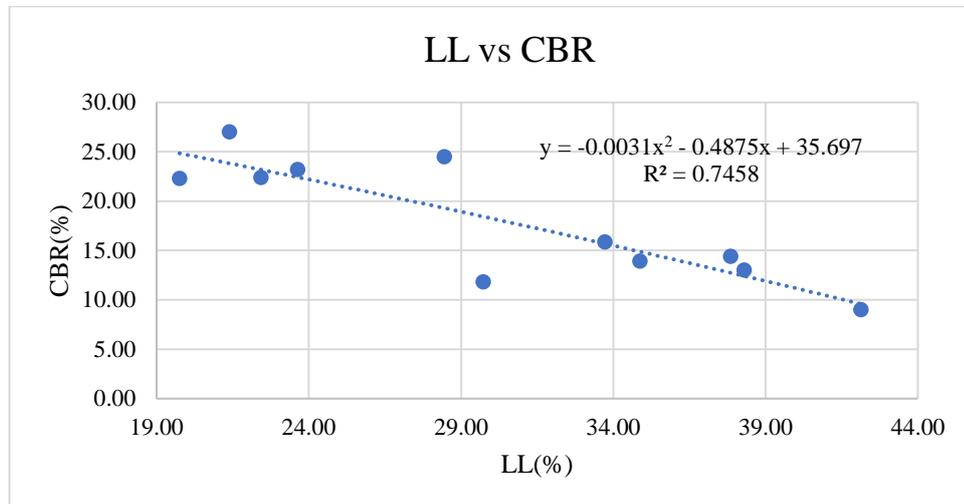


Figura 43: Correlación polinómica entre el límite líquido y el CBR.
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$CBR(\%) = -0,0031*LL(\%)^2 - 0,4875*LL(\%) + 35,697$$

Ec: 3-55

Coefficiente de correlación:

$$R^2= 0.7458$$

2.4.2.14.1 Análisis e interpretación

Para el análisis gráfico entre el límite líquido y CBR se correlacionaron 11 muestras para obtener la Figura 43.

Mediante la Figura 43, se pudo evidenciar al trazar una línea de tendencia polinómica que el límite líquido y el CBR poseen una correlación inversamente proporcional, es decir mientras mayor sea el límite líquido menor será el CBR obtenido, esto tiene relación con lo mencionado en el artículo [6], donde indica la relación inversa que tienen los suelos con presencia de arcilla con el CBR, por ende al tener mayor presencia de arcilla los límites líquidos serán mayores y el CBR disminuiría en proporción a una correlación obtenida de $R^2=0.7847$ clasificándola como buena según la Tabla 6. [36]

2.4.2.15 Correlación múltiple N° 1

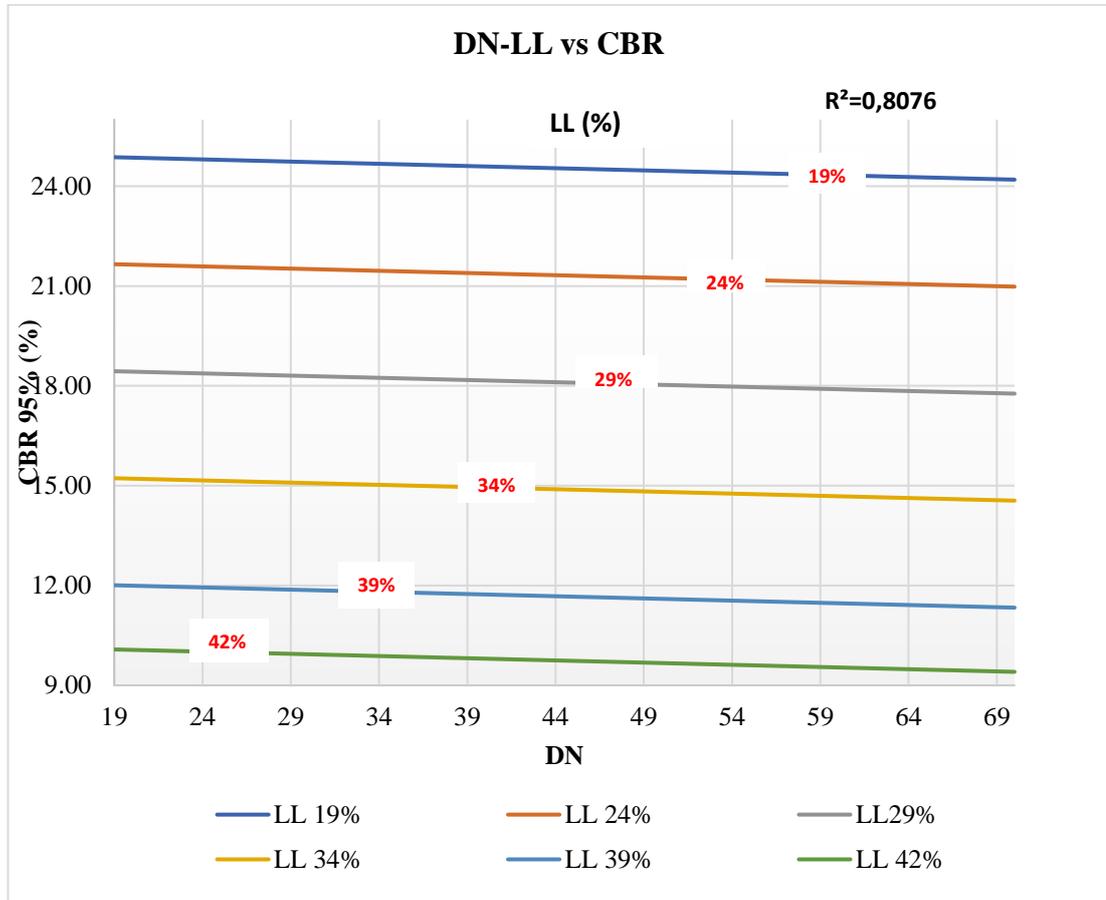


Figura 44: Correlación lineal múltiple entre el DN, LL y CBR.
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$\text{CBR}(\%) = 37.341 - 0.013 \cdot \text{DN} - 0.643 \cdot \text{LL}(\%)$$

Ec: 3-56

Coefficiente de correlación:

$$R^2 = 0.8076$$

2.4.2.15.1 Análisis e interpretación

En el presente diagrama se realizó la correlación entre el DN, límite líquido y el CBR, con una línea de tendencia lineal se analizaron con 10 muestras; donde se obtuvo un coeficiente de correlación bueno de $R^2 = 0.8076$.

Mediante los nomogramas realizados a partir de la correlación de 3 variables: el DN, límite líquido y CBR se puede deducir que al tener valores bajos de DN y límites líquidos altos, darán como resultado una capacidad portante del suelo alta, por el contrario, si tenemos valores altos de DN y límites líquidos muy bajos, darán como resultado CBR muy bajos.

2.4.2.16 Correlación múltiple N° 2

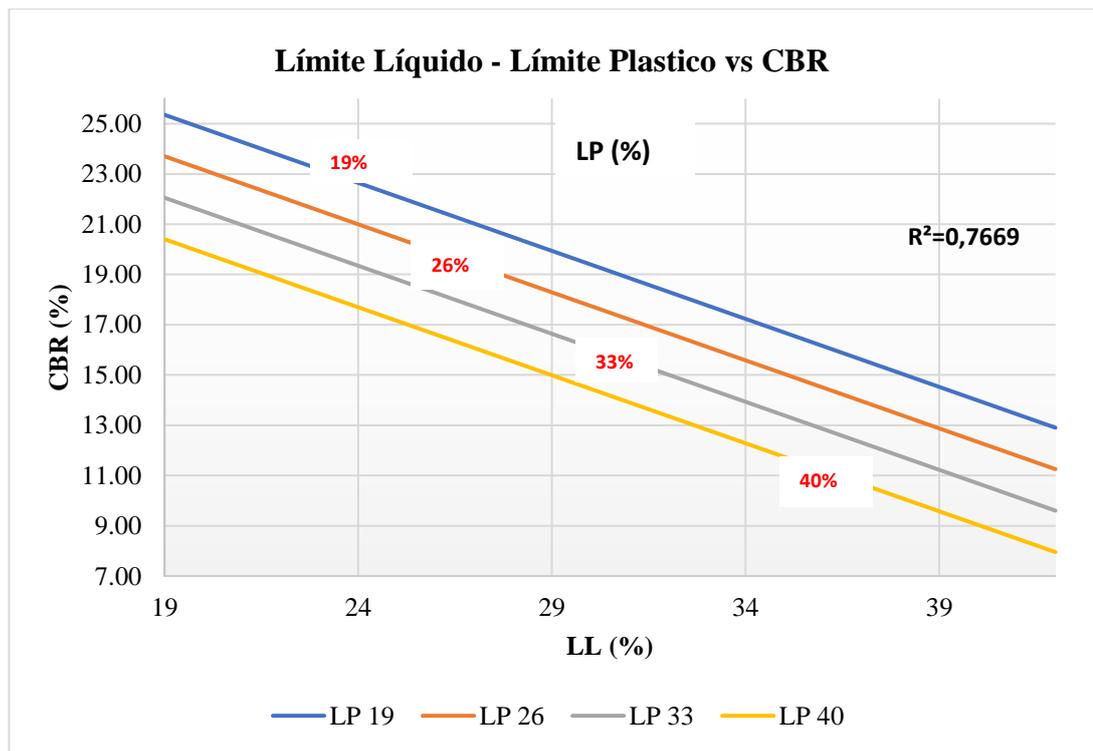


Figura 45: Correlación lineal múltiple entre el LL, LP y CBR
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$\text{CBR}(\%) = 40.116 - 0.541 * \text{LL}(\%) - 0.236 * \text{LP}(\%)$$

Ec: 3-57

Coefficiente de correlación:

$$R^2 = 0.7669$$

2.4.2.16.1 Análisis e interpretación

En el presente diagrama se realizó la correlación entre el límite líquido, límite plástico y el CBR, con una línea de tendencia lineal se analizaron con 11 muestras; donde se obtuvo un coeficiente de correlación bueno de $R^2 = 0.7669$.

Mediante los nomogramas realizados a partir de la correlación de 3 variables: el límite líquido, límite plástico y CBR se puede deducir que al tener valores altos de límite líquido y valores altos de límite plástico, darán como resultado una capacidad portante del suelo baja, por el contrario, si tenemos valores bajos de límite líquido y valores bajos de límites plásticos, darán como resultado valores de CBR altos.

2.4.2.17 Correlación múltiple N° 3

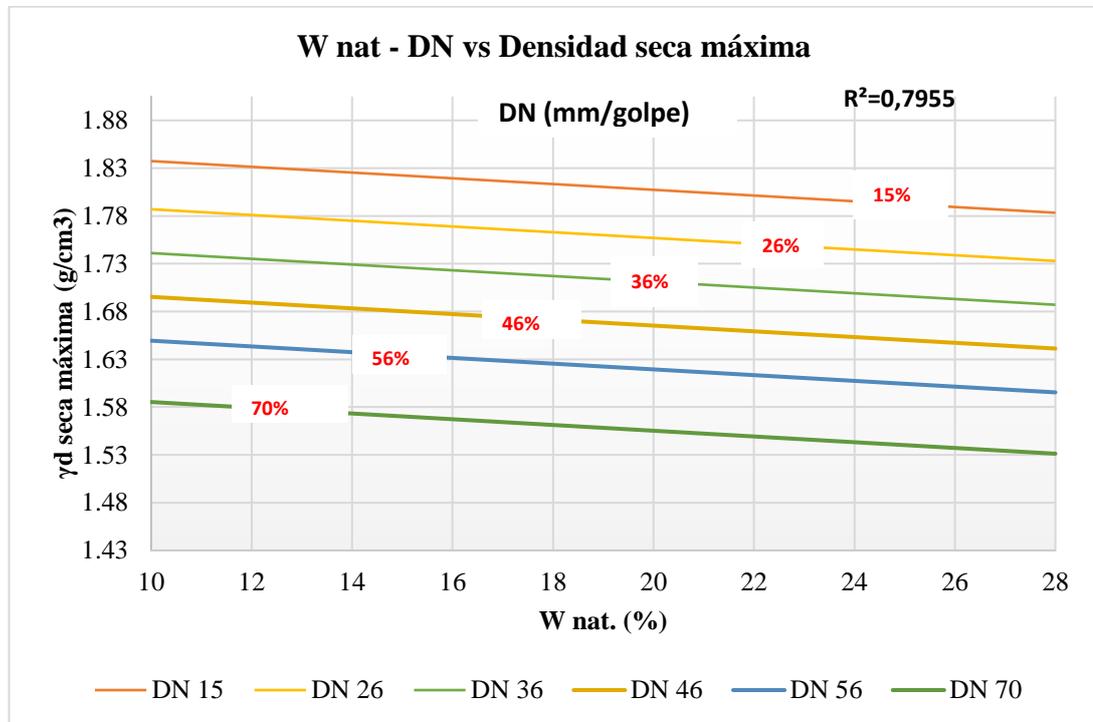


Figura 46: Correlación lineal múltiple entre el Wnat, DN y densidad seca máxima
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$\gamma d \text{ máxima} = 1.931 - 0.03 * W \text{ nat \%} - 0.005 * DN$$

Ec: 3-58

Coefficiente de correlación:

$$R^2 = 0.7955$$

2.4.2.17.1 Análisis e interpretación

En el presente diagrama se realizó la correlación entre la humedad natural, el DN y la densidad seca máxima, con una línea de tendencia lineal se analizaron 10 muestras; donde se obtuvo un coeficiente de correlación bueno de $R^2 = 0.7955$.

Mediante los nomogramas realizados a partir de la correlación de 3 variables: entre la humedad natural, el DN y la densidad seca máxima se puede deducir que al tener valores bajos de humedad natural y valores bajos de DN, obtendríamos una densidad seca máxima mayor, por el contrario, si tenemos humedades naturales altas y DN altos, obtendríamos una densidad seca máxima menor.

2.4.2.18 Correlación múltiple Nª 4

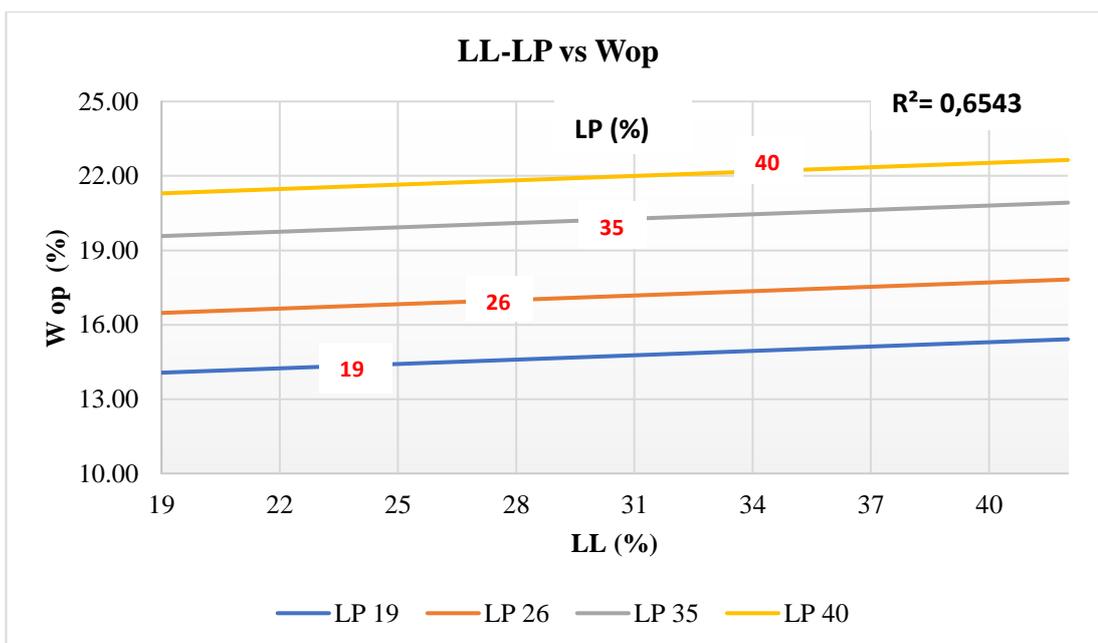


Figura 47: Correlación logarítmica múltiple entre el LL, LP y Wopt.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$W_{opt} \% = 2.520 + 3.912 * \log(LL\%) + 0.344 * LP(\%)$$

Ec: 3-59**Coefficiente de correlación:**

$$R^2 = 0.6543$$

2.4.2.18.1 Análisis e interpretación

En el presente diagrama se realizó la correlación entre el límite líquido, el límite plástico y la humedad óptima, con una línea de tendencia logarítmica se analizaron 10 muestras; donde se obtuvo un coeficiente de correlación aceptable de $R^2 = 0.6543$.

Mediante los nomogramas realizados a partir de la correlación de 3 variables: el límite líquido, el límite plástico y la humedad óptima se puede deducir que, al tener valores bajos de límite líquido y límite plástico, se obtendrán humedades óptimas bajas, y de la misma manera al tener límites líquidos y límites plásticos altos se obtendrán humedades óptimas altas, por consiguiente, tienen una relación directamente proporcional ambas variables con la humedad óptima.

2.4.2.19 Correlación múltiple N° 5

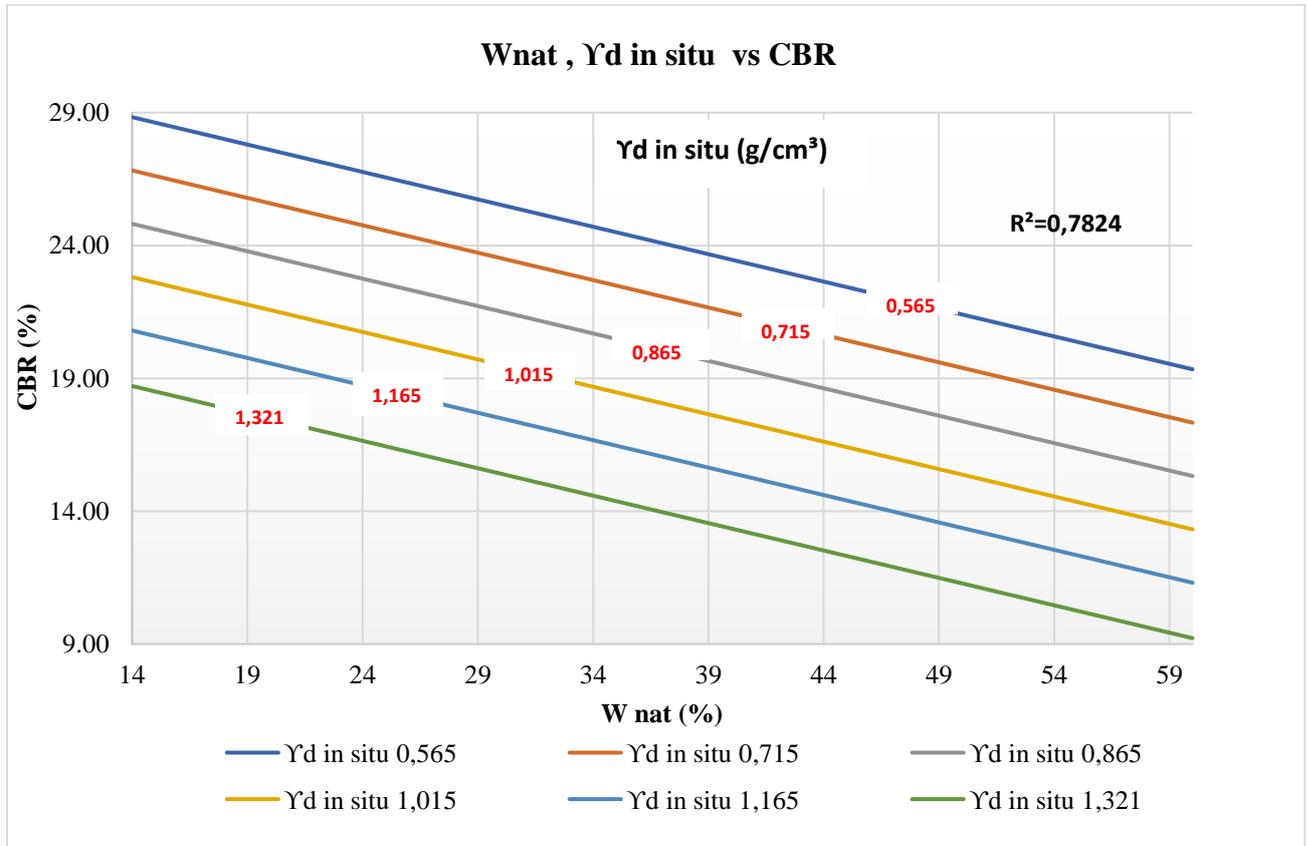


Figura 48: Correlación lineal múltiple entre el Wnat, yd in situ y CBR.
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Ecuación:

$$\text{CBR \%} = 39.283 - 0.0206 * \text{Wnat}(\%) - 13.386 * \text{Yd in situ}$$

Ec: 3-60

Coefficiente de correlación:

$$R^2 = 0.7824$$

2.4.2.19.1 Análisis e interpretación

En el presente diagrama se realizó la correlación entre el porcentaje de humedad natural, la densidad seca in situ y el CBR, con una línea de tendencia lineal múltiple se analizaron 10 muestras; donde se obtuvo un coeficiente de correlación aceptable de $R^2 = 0.7824$.

Mediante los nomogramas realizados a partir de la correlación de 3 variables: el porcentaje de humedad natural, la densidad seca in situ y el CBR se puede deducir que, al tener valores altos de humedad natural y valores bajos de densidad seca in situ darán como resultado valores altos de CBR, por ende, la correlación entre la humedad natural y el CBR es directamente proporcional, mientras que la correlación entre la densidad seca in situ presenta una correlación inversamente proporcional.

2.4.2.20 Resumen de las ecuaciones obtenidas mediante correlación

A continuación, se muestra el resumen de las ecuaciones obtenidas mediante correlaciones entre el CBR, DCP y las propiedades índice y mecánicas, mediante regresión simple y múltiple. El total de las correlaciones fueron 15 simples y 5 múltiples.

Tabla 26: Resumen ecuaciones obtenidas por correlaciones

Nº	Ecuación	Coefficiente de Correlación (R ² %)	Tipo de Función	Nº Muestras	Figura
CORRELACIONES ENTRE PROPIEDADES ÍNDICE					
1	$LP(\%) = -0.0469LL(\%)^2 + 3.0735LL(\%) + 24.432$	80	Polinómica	11	16
2	$Gw(\%) = 32.135Ln(Wnat\%) - 71.005$	71	Logarítmica	11	17
3	$Ga(\%) = 383.78 * Wnat\%^{-0.562}$	82	Potencial	10	18
4	$Wopt(\%) = -70.025 * (\gamma d \text{ max})^2 + 195.64 * \gamma d \text{ max} - 114.12$	89	Polinómica	10	27
5	$Gs = 0.0621 * \ln(LL(\%)) + 2.4634$	78	Logarítmica	10	29
CORRELACIONES ENTRE PROPIEDADES MECÁNICAS E ÍNDICE					
6	$\gamma d \text{ in situ} = -8E-05 * n(\%)^2 - 0.0115n(\%) + 2.0153$	97	Logarítmica	11	19
7	$\gamma d \text{ in situ} = 0.0004Wnat\%^2 - 0.0415Wnat\% + 1.6459$	62	Polinómica	10	20
8	$Gc(\%) = 5.7576 e^2 - 41.633e + 110.4$	98	Polinómica	11	21
9	$Gc(\%) = 54,134 \ln(\gamma d \text{ in situ}) + 61,752$	94	Logarítmica	12	22
10	$Gc(\%) = 0.0055 * n(\%)^2 - 1.9454 * n(\%) + 157.19$	93	Polinómica	11	28
CORRELACIONES ENTRE DN y PROPIEDADES ÍNDICE					
11	$DN = 2.0077LP\% - 13.909$	69	Lineal	10	24
CORRELACIONES ENTRE CBR y PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS					
12	$CBR\% = 36.574 * e^{-(0.02 * DN)}$	73	Potencial	10	23
13	$CBR(\%) = 620,88 \gamma d \text{ máxima} - 2013,4 \gamma d \text{ máxima} + 1644,6$	90	Polinómica	11	25
14	$CBR(\%) = 1871,8 Wopt(\%)^{-1.694}$	76	Potencial	10	26
15	$CBR(\%) = -0,0031LL(\%)^2 - 0,4875LL(\%) + 35,697$	74	Polinómica	11	30
CORRELACIONES MÚLTIPLES					
16	$CBR(\%) = 37.341 - 0.013DN - 0.643LL(\%)$	80	Lineal	10	31
17	$CBR(\%) = 40.116 - 0.541LL(\%) - 0.236LP(\%)$	76	Lineal	11	32
18	$\gamma d \text{ máxima} = 1.931 - 0.03Wnat\% - 0.005DN$	79	Lineal	10	33
19	$Wopt\% = 2.520 + 3.912 \log(LL(\%)) + 0.344LP(\%)$	65	Logarítmica	10	34
20	$CBR\% = 39.283 - 0.0206 * Wnat(\%) - 13.386 * \gamma d \text{ in situ}$	78	Lineal	10	35

2.4.3 Etapa 3

En esta etapa se realizó un diseño de pavimentos en base al CBR obtenido mediante los ensayos realizados en la etapa 1, además para este diseño se escogió la vía que presentaba un mayor flujo vehicular, por lo cual los cálculos y resultados obtenidos en este diseño se presentaran a continuación.

2.4.3.1 Trafico promedio diario anual

Al finalizar el conteo vehicular y una vez tabulados los datos obtenidos, se muestran en un cuadro resumen los resultados obtenidos durante el periodo de conteo:

Tabla 27: Resumen conteo vehicular

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
PROYECTO: “ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS EL TINGO Y GUANGAJE DEL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI”				
Ubicación	Comuna Guangaje	Año	2022	N Días: 7 Días
Mes	Noviembre	Sentido	Ambos	
DÍAS	VEHICULOS LIVIANOS	TOTAL BUSES	TOTAL PESADOS	TOTAL Vehículos/ 12 h
LUNES	257	0	58	315
MARTES	251	0	55	306
MIÉRCOLES	243	0	52	295
JUEVES	201	0	60	261
VIERNES	245	0	64	309
SABADO	217	0	51	268
DOMINGO	219	0	56	275
TOTAL	1633	0	396	2029

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

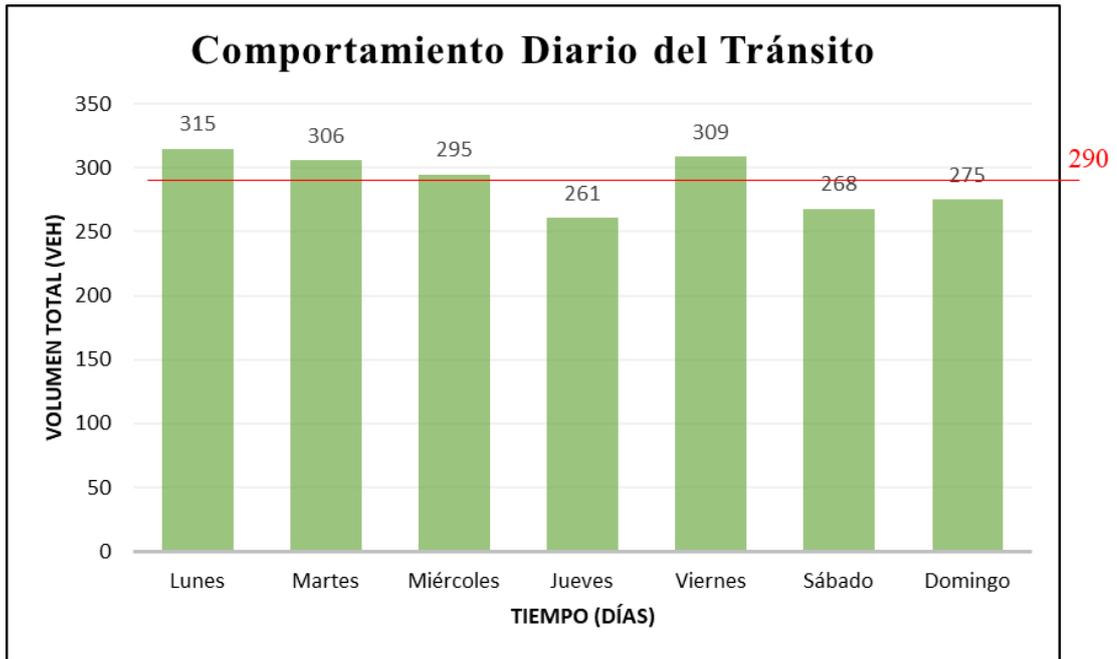


Figura 49: Comportamiento diario del tránsito
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

La Figura 49, muestra que por la zona de estudio circulan un promedio de 290 vehículos por día, además que se aprecia que el día en el cual circulan el mayor número de vehículos es el lunes.

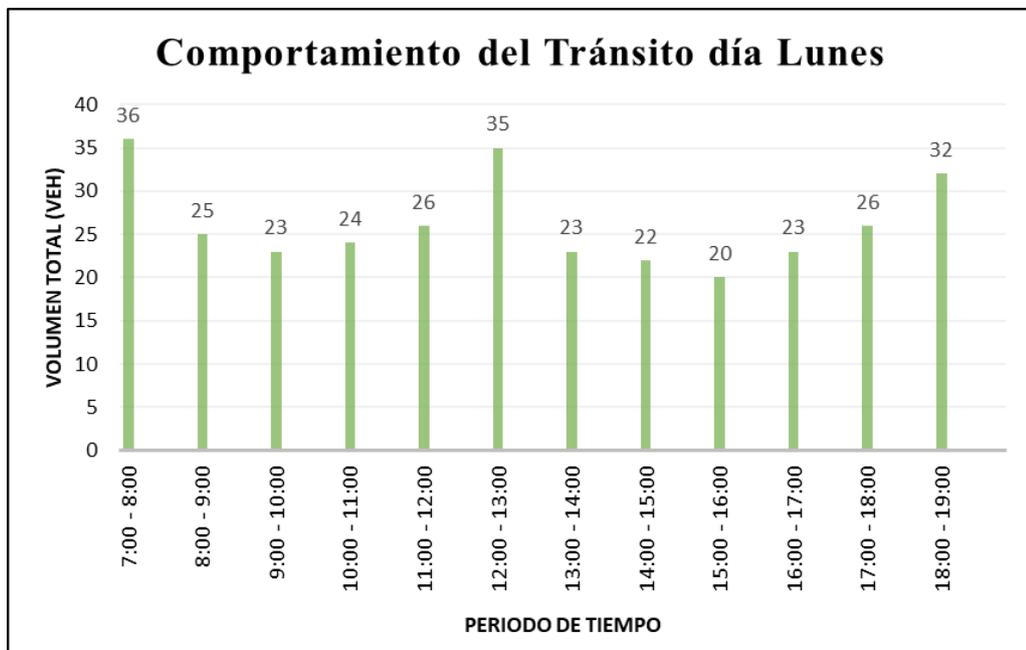


Figura 50: Comportamiento del tránsito en el día lunes.
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

La Figura 50, muestra que el valor de hora pico para el lunes es de 36 vehículos. En la Tabla 29, se detalla el tipo de vehículo y cantidad que circula durante la hora pico, dando como resultado 31 vehículos livianos, 0 buses y 5 vehículos pesados correspondiente a los camiones tipo 2DA, con un porcentaje de 86.11 y 13.89 % respectivamente.

Tabla 28: Tabla conteo vehicular hora pico

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 							
PROYECTO: “ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS EL TINGO Y GUANGAJE DEL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI”							
Ubicación	Comuna Guangaje		Año	2022			N Días: 7 Días
Mes	Noviembre		Sentido	Ambos			
HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES				TOTAL
			2DA	2DB	3A	ΣPesados	
7:00 – 7:15	10	0	0	1	0	0	11
7:15 – 7 :30	7	0	0	2	0	0	9
7:30 – 7:45	8	0	0	0	0	0	8
7:45 – 8:00	6	0	2	0	0	0	8
TOTAL	31	0	5	0	0	0	36
TOTAL (%)	86.11%	0.00%	13.89%	0.00%	0.00%	0.00%	100%

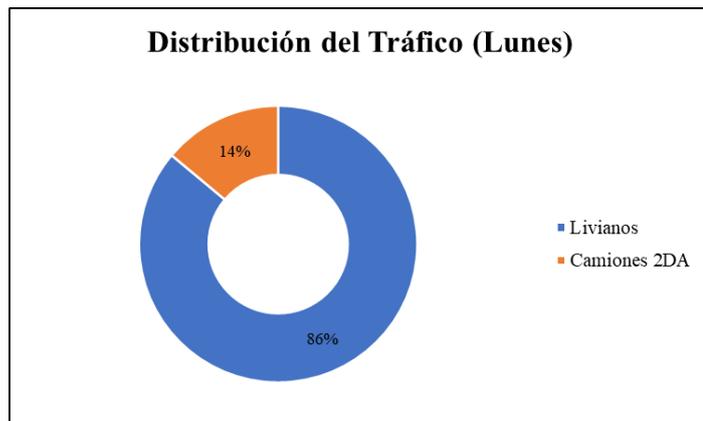


Figura 51: Distribución del tráfico en el día Lunes

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

2.4.3.2 Cálculo factor hora pico

Formula factor de hora pico:

Basándonos en la **Ec: 2-20** obtuvimos un valor de 0.818

$$FHP = \frac{36}{4 * 11}$$

$$FHP = 0.818$$

2.4.3.3 Cálculo tráfico promedio diario anual (TPDA)

La vía se encuentra en el sector rural, por lo cual el valor de k a utilizar será de 15%.

Tabla 29: Valor de K en función de la zona

Zona	k
Urbana	8 - 12 %
Rural	12 - 18 %

Fuente: MTOP, 2023

Basándonos en la **Ec: 2-21** obtuvimos un valor de 207 vehículos/día para livianos y 33 vehículos/día para camiones.

Livianos:

$$TPDA_{livianos} = \frac{31 * 1}{0.15}$$

$$TPDA_{livianos} = 207 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Camiones:

$$TPDA_{camiones} = \frac{5 * 1}{0.15}$$

$$TPDA_{camiones} = 33 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

2.4.3.4 Calculo del TPDA actual

Basándonos en la **Ec: 2-22** obtuvimos un valor de 240 vehículos/día

$$TPDA_{actual} = 207 + 33$$

$$TPDA_{actual} = 240 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

En la siguiente tabla se representa de manera detallada el TPDA actual calculado.

Tabla 30: Tabla TPDA actual calculado

Tipo de veh\u00edculo	Hora Pico	TPDA Actual
Liviano	31	207
Buses	0	0
Camiones	5	33
Total:		240

Autor: Bryan Joaqu\u00edn Mayorga Viteri

2.4.3.5 C\u00e1lculo del tr\u00e1fico atra\u00eddo (Ta)

Formula del tr\u00e1fico atra\u00eddo (Ta):

Bas\u00e1ndonos en la **Ec: 2-23** obtuvimos un valor de 21 veh\u00edculos/d\u00eda para el tr\u00e1fico atra\u00eddo de veh\u00edculos livianos y 3 veh\u00edculos/d\u00eda para el tr\u00e1fico atra\u00eddo en camiones.

Livianos:

$$Ta_{livianos} = 0.10 * 207$$

$$Ta_{livianos} = 21 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Camiones:

$$Ta_{camiones} = 0.10 * 33$$

$$Ta_{camiones} = 3 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

2.4.3.6 C\u00e1lculo del tr\u00e1fico generado (Tg)

Bas\u00e1ndonos en la **Ec: 2-24** obtuvimos un valor de 41 veh\u00edculos/d\u00eda para el tr\u00e1fico generado de veh\u00edculos livianos y 7 veh\u00edculos/d\u00eda para el tr\u00e1fico generado en camiones.

Livianos:

$$TPDA_{livianos} = 0.20 * 207$$

$$TPDA_{livianos} = 41 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Camiones:

$$TPDA_{camiones} = 0.20 * 33$$

$$TPDA_{camiones} = 7 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

2.4.3.7 C\u00e1lculo del tr\u00e1fico desarrollado (Td)

Bas\u00e1ndonos en la **Ec: 2-25** obtuvimos un valor de 10 veh\u00edculos/d\u00eda para el tr\u00e1fico desarrollado de veh\u00edculos livianos y 2 veh\u00edculos/d\u00eda para el tr\u00e1fico desarrollado en camiones.

Livianos:

$$TPDA_{livianos} = 0.05 * 207$$

$$TPDA_{livianos} = 10 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Camiones:

$$TPDA_{camiones} = 0.05 * 33$$

$$TPDA_{camiones} = 2 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

2.4.3.8 C\u00e1lculo del TPDA aproximado

Bas\u00e1ndonos en la **Ec: 2-26** obtuvimos un valor de 324 veh\u00edculos/d\u00eda para el TPDA aproximado.

$$TPDA_{Aproximado} = 240 + 48 + 24 + 12$$

$$TPDA_{Aproximado} = 324 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tabla 31: Tabla tráfico aproximado.

Tráfico actual del proyecto					
Tipo de Vehículo	TPDA Actual	Tráfico generado	Tráfico atraído	Tráfico desarrollado	TPDA Aproximado
Liviano	207	41	21	10	279
Bus	0	0	0	0	0
Camion	33	7	3	2	45
Total	240	48	24	12	324

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

2.4.3.9 Cálculo del tráfico futuro

Se proyecta que la vía tendrá un periodo de diseño de 20 años, por lo que se utiliza la siguiente tasa de crecimiento.

2.4.3.9.1 Tasa de crecimiento del tránsito

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) proporciona valores de la tasa de crecimiento del tránsito de acuerdo con el tipo de vehículo, lo cual se representa en la Tabla 33.

Tabla 32: Tabla de la tasa de crecimiento anual vehicular (%)

Tasa de crecimiento anual del tráfico (%)			
Periodo	Livianos	Buses	Camiones
2015 - 2020	3.97	1.97	1.94
2020 - 2025	3.57	1.78	1.74
2025 - 2030	3.25	1.62	1.58
2030- 2035	3.25	1.62	1.58
2035 - 2040	3.25	1.62	1.58
2040- 2045	3.25	1.62	1.58

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, MTO-2003.

Basándonos en la **Ec: 2-27** obtuvimos un valor de 529 vehículos por día para un tráfico futuro estimado en el año 2042 pertenecientes a vehículos livianos y 62 vehículos por día para el tráfico futuro estimado en el año 2042 de camiones.

Tráfico Futuro 2042:

Livianos

$$Tf = 279 * \left(1 + \frac{3.25}{100}\right)^{20}$$

$$Tf = 528.94 \rightarrow 529 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Camiones

$$Tf = 45 * \left(1 + \frac{1.58}{100}\right)^{20}$$

$$Tf = 61.57 \rightarrow 62 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

2.4.3.10 C\u00e1lculo tr\u00e1fico futuro total 2042

Bas\u00e1ndonos en la **Ec: 2-27** obtuvimos un valor de 591 veh\u00edculos/d\u00eda para un tr\u00e1fico futuro total.

$$Tf_{Total} = 529 + 0 + 62$$

$$Tf_{Total} = 591 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

2.4.3.11 Tipo de v\u00eda en funci\u00f3n del tr\u00e1fico futuro

El tr\u00e1fico futuro proyectado para el a\u00f1o 2042 para la carretera de estudio es de 591 veh\u00edculos por d\u00eda, correspondiente a una v\u00eda calle colectoras clase III de acuerdo con la norma MTOP.

Tabla 33: Tipo de carretera seg\u00fan el TPDA.

Funci\u00f3n	Clase de Carretera	TPDA
Corredor arterial	RI \u00f3 RII	M\u00e1s de 8000
	I	De 3000 a 8000
Colectora	II	De 1000 a 3000
	III	De 300 a 1000
Vecinal	IV	De 100 a 300
	V	Menos de 100

Fuente: Norma de Dise\u00f1o Geom\u00e9trico de Carreteras, MTOP-2003.

2.4.3.12 Diseño del pavimento método AASHTO 93

Para el cálculo de diseño de pavimentos se empleó la **Ec: 2-28** por lo que se ha visto la necesidad de determinar en base a la normativa AASHTO 93 los siguientes parámetros.

2.4.3.13 Periodo de diseño

La vía en estudio es una vía de bajo volumen vehicular, por lo cual periodo de diseño para pavimentos de bajo volumen es de 20 años según la norma AASHTO 1993.

Tabla 34: Periodo de diseño en base al tipo de carretera.

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30 - 50
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20 - 50
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15 - 25
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito	10

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

2.4.3.14 Número de ejes equivalentes

Para determinar el número de ejes equivalentes, es necesario conocer el factor de daño FD que estos ejes producen al circular por la carretera durante el periodo de diseño, para lo cual se debe tener en cuenta que para el método AASHTO 93 todo vehículo que pese menos de 8.2 Ton no se toma en cuenta para el cálculo. [38]

2.4.3.15 Factor de daño

Tabla 35: Cuadro demostrativo de tipo de vehículos motorizados remolques y semirremolques.

CUADRO DEMOSTRATIVO DEL TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES							
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)			
				Largo	Ancho	Alto	
2 D			7	5,00	2,60	3,00	
2DA			10	7,50	2,60	3,50	
2DB			18	12,20	2,60	4,10	
3-A			27	12,20	2,60	4,10	
4-C			31	12,20	2,60	4,10	

Fuente: NEVI-12, Norma para estudios y diseños viales.

Basándonos en la **Ec: 2-29** obtuvimos un valor de 1.04 para el factor de daño para buses.

$$FD_{bus} = \left(\frac{4 \text{ Ton}}{6.6}\right)^4 + \left(\frac{8 \text{ Ton}}{8.2}\right)^4 = 1.04$$

De igual forma en base a la **Ec: 2-29** obtuvimos un valor de 1.31 del factor de daño para camiones 2DA

$$FD_{2DA} = \left(\frac{3 \text{ Ton}}{6.6}\right)^4 + \left(\frac{7 \text{ Ton}}{6.6}\right)^4 = 1.31$$

Tabla 36: Factor de daño según el tipo de vehículo.

Factor de daño según el tipo de vehículo									
TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		TRIDEM		FACTOR DE DAÑO
	P(Ton)	(P/6.6) ⁴	P(Ton)	(P/8.2) ⁴	P(Ton)	(P/15) ⁴	P(Ton)	(P/23) ⁴	
BUS	4	0.135	8	0.906	-	-	-	-	1.041
2DA	3	0.043	-	-	-	-	-	-	1.308
	7	1.265	-	-	-	-	-	-	
2DB	7	1.265	11	3.238	-	-	-	-	4.504
3-A	7	1.265	-	-	20	3.160	-	-	4.426
4-C	7	1.265	-	-	-	-	24	1.186	2.451

Fuente: MTOP-2016, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras.

2.4.3.16 Factor de distribución por carril

Tabla 37: Factor de distribución por carril.

N° de carriles por sentido	% W18 en el carril de diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4 o más	50-75

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

La vía al ser de clase III, de acuerdo con la clasificación de la norma MTOP, con un carril por sentido.

2.4.3.17 Número de ejes equivalentes acumulados W18

En base a la **Ec: 2-30** se calculó un número de ejes equivalente de $2.94E+04$ y un número de ejes acumulados de $5.30E+05$, pero para determinar este valor en un solo carril lo que se hizo fue multiplicar por 0.5.

Números de ejes equivalentes

$$W_{18} = (1.04 * 0 * 365) + (1.31 * 62 * 365)$$

$$W_{18} = 2.94E+04$$

Números de ejes equivalentes acumulados

$$W_{18}Acum = (5.01E + 05) + (2.94E + 04)$$

$$W_{18}Acum = 5.30E + 05$$

Por dirección

$$W_{18} Total = (5.30E + 05) * 0.5 \rightarrow 2.65E + 05$$

Tabla 38: Tabla resumen número de ejes equivalentes.

AÑO	% Tasa de crecimiento (i)			Tráfico Futuro			Total	W18 parcial	W18 acumulado	W18 por dirección
	Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones				
2022	3.57	1.78	1.74	279	0	45	324	2.15E+04	2.15E+04	1.07E+04
2023	3.57	1.78	1.74	289	0	46	335	2.19E+04	4.33E+04	2.17E+04
2024	3.57	1.78	1.74	299	0	47	346	2.22E+04	6.56E+04	3.28E+04
2025	3.57	1.78	1.74	310	0	47	357	2.26E+04	8.82E+04	4.41E+04
2026	3.25	1.62	1.58	317	0	48	365	2.29E+04	1.11E+05	5.55E+04
2027	3.25	1.62	1.58	327	0	49	376	2.32E+04	1.34E+05	6.72E+04
2028	3.25	1.62	1.58	338	0	49	387	2.36E+04	1.58E+05	7.90E+04
2029	3.25	1.62	1.58	349	0	50	399	2.40E+04	1.82E+05	9.10E+04
2030	3.25	1.62	1.58	360	0	51	411	2.44E+04	2.06E+05	1.03E+05
2031	3.25	1.62	1.58	372	0	52	424	2.47E+04	2.31E+05	1.15E+05
2032	3.25	1.62	1.58	384	0	53	437	2.51E+04	2.56E+05	1.28E+05
2033	3.25	1.62	1.58	397	0	53	450	2.55E+04	2.82E+05	1.41E+05
2034	3.25	1.62	1.58	410	0	54	464	2.59E+04	3.08E+05	1.54E+05
2035	3.25	1.62	1.58	423	0	55	478	2.63E+04	3.34E+05	1.67E+05
2036	3.25	1.62	1.58	437	0	56	493	2.68E+04	3.61E+05	1.80E+05
2037	3.25	1.62	1.58	451	0	57	508	2.72E+04	3.88E+05	1.94E+05
2038	3.25	1.62	1.58	465	0	58	523	2.76E+04	4.15E+05	2.08E+05
2039	3.25	1.62	1.58	481	0	59	539	2.80E+04	4.44E+05	2.22E+05
2040	3.25	1.62	1.58	496	0	60	556	2.85E+04	4.72E+05	2.36E+05
2041	3.25	1.62	1.58	512	0	61	573	2.89E+04	5.01E+05	2.50E+05
2042	3.25	1.62	1.58	529	0	62	591	2.94E+04	5.30E+05	2.65E+05

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

2.4.3.18 Confiabilidad (R)

Se entiende por confiabilidad a la probabilidad de que el pavimento opere en condiciones adecuadas y de manera correcta durante su vida útil. También se entiende a la confiabilidad como el grado de confianza. De acuerdo con la norma AASHTO 1993, guía para el diseño de la estructura del Pavimento, para calles colectoras en zonas rurales la confiabilidad se encuentra entre 75 y 95 %. La vía de estudio se encuentra en una zona rural, para lo cual se asumirá una confiabilidad del 75% para el cálculo.

Tabla 39: Nivel de confianza según el tipo de vía.

Clasificación	Nivel de Confianza Recomendado	
	Urbano	Rural
Interestatal y Autopista	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Calles colectoras	80-95	75-95
Calles locales	50-80	50-80

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento

2.4.3.19 Desviación estándar normal (Zr)

El valor de desviación estándar normal depende del nivel de confianza, al haber adoptado una confiabilidad del 75%, el valor de la desviación normal será de -0.674.

Tabla 40: Desviación estándar Zr según su confiabilidad (R).

Confiabilidad (R)	Desviación Estandar 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: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

2.4.3.20 Desviación estándar global (So)

Se puede decir que la desviación estándar global es un factor de seguridad, que intenta compensar errores en la determinación del tránsito futuro, así como errores en el comportamiento de los vehículos durante el periodo de conteo vehicular.

Tabla 41: Desviación estándar Normal (So).

Desviación Estándar Normal (So)	
Pavimentos rígidos	0.30 - 0.40
Pavimentos flexibles	0.40 - 0.50

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

Se adopta un valor de desviación estándar de 0.45.

Índice de Serviciabilidad

De acuerdo con la norma AASHTO 93 para el diseño de pavimento, el valor de la serviciabilidad inicial para carreteras de importancia media y baja es de 4.2, mientras que la serviciabilidad final es de 2.0 para caminos de tránsito menor. Empleando la **Ec: 2-31** se obtuvo un valor de 2.20 para el índice de serviciabilidad.

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.20$$

2.4.3.21 Módulo de resiliencia (M_r)

El método de diseño AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles establece las siguientes formular para determinar el módulo de resiliencia de la subrasante en base al valor de CBR.

El valor de CBR de la subrasante, obtenido en base a ensayos de laboratorio fue de 13.90%, por lo cual se aplica la **Ec: 2-33**, obteniendo 16.60 ksi.

$$M_r (PSI) = 3000(13.90)^{0.65}$$

$$M_r (PSI) = 16598.96 \text{ psi} \rightarrow 16.60 \text{ ksi}$$

2.4.3.22 Determinación de los coeficientes estructurales de cada capa que conforma el paquete estructural

Para determinar los espesores de las diferentes capas que conforman el paquete estructural, es necesario determinar los valores de SN, para lo cual se usó la **Ec: 2-35**.

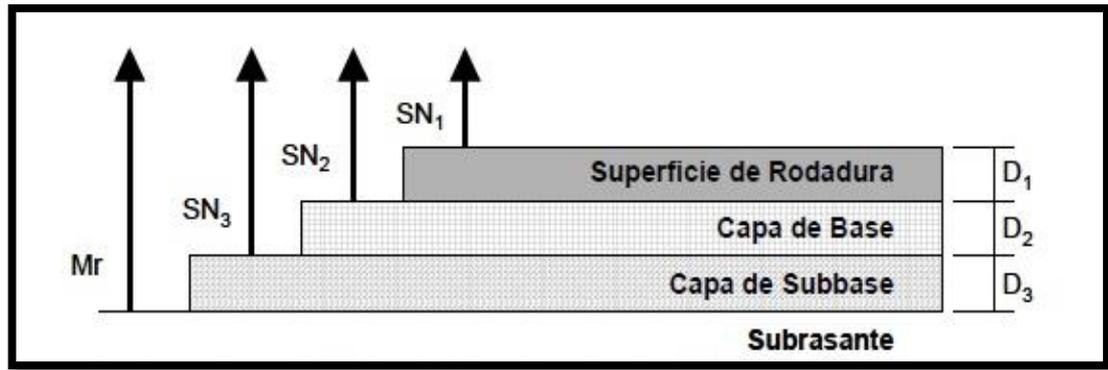


Figura 52: Distribución de las capas según su SN.

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

2.4.3.23 Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica (a_1)

Mediante la AASHTO 93, nos recomienda un valor mínimo de la estabilidad Marshall de 1800 lb, para vehículos pesados, en base a este valor se obtiene el coeficiente a_1 , mediante el siguiente ábaco.

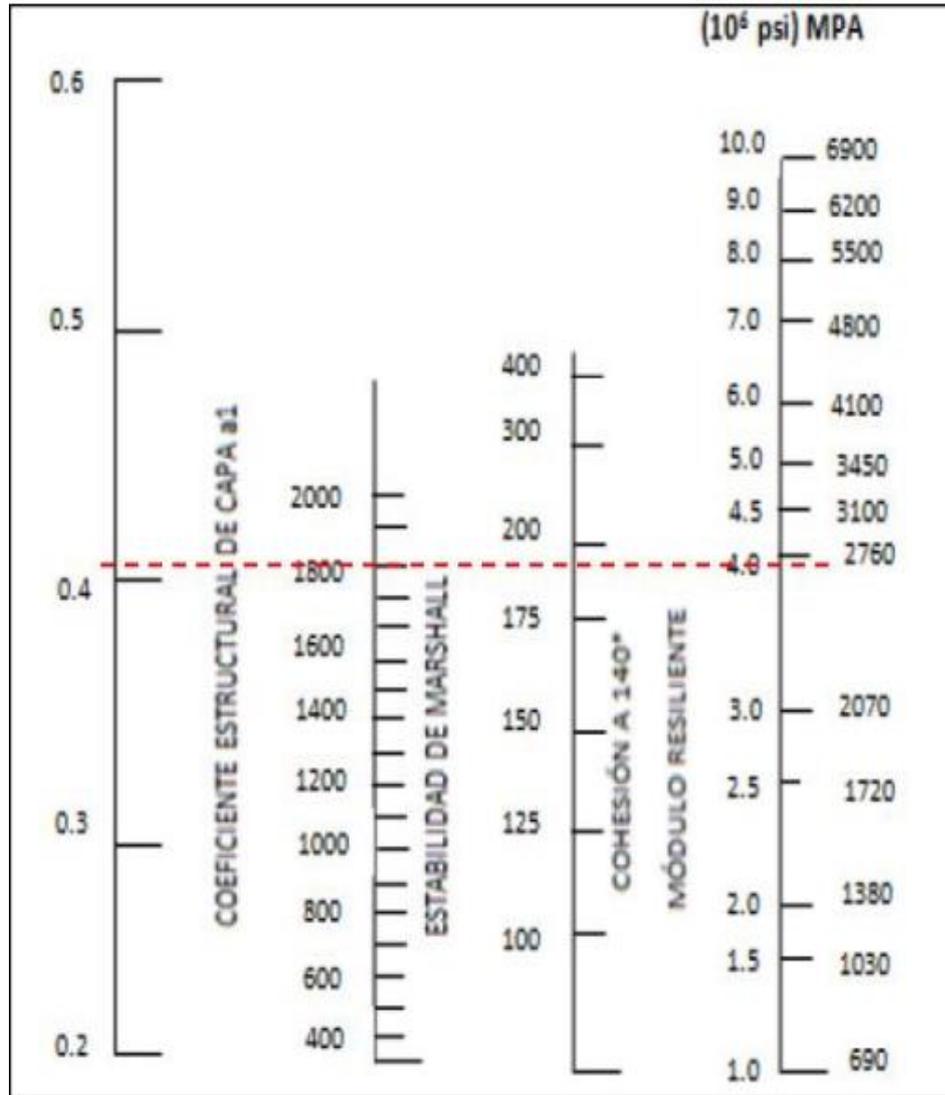


Figura 53: Nomograma para determinar el coeficiente estructural a1.

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

Tabla 42: Valores a1.

Módulos Elásticos		Valores a1
Psi	Mpa	
175000	1225	0.28
200000	1400	0.295
225000	1575	0.32
250000	1750	0.33
275000	1925	0.35
300000	2100	0.36
325000	2275	0.375
350000	2450	0.385
375000	2625	0.405
400000	2800	0.42
425000	2975	0.435
450000	3150	0.44

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

De acuerdo con el nomograma, se determinó que el módulo elástico de la carpeta asfáltica es de 375000 psi lo que equivale a 375 ksi, con un coeficiente estructural de 0.405.

2.4.3.24 Coeficiente estructural de la base (a_2)

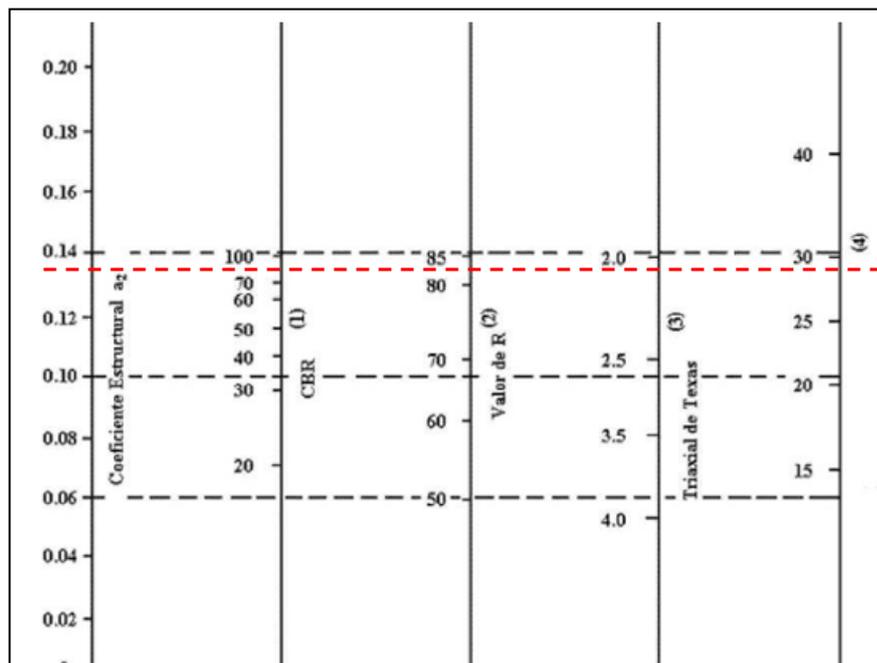


Figura 54: Nomograma para determinar el coeficiente estructural a2.

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

Tabla 43: Valores de a2 según CBR.

Base de agregados	
CBR	a2
45	0.112
50	0.115
55	0.12
60	0.125
70	0.13
80	0.133
90	0.137
100	0.14

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

De acuerdo con el nomograma, se determinó que el módulo elástico de la base es de 28000 psi lo que equivale a 28 ksi, con un coeficiente estructural de 0.133.

2.4.3.25 Coeficiente estructural de la subbase (a_3)

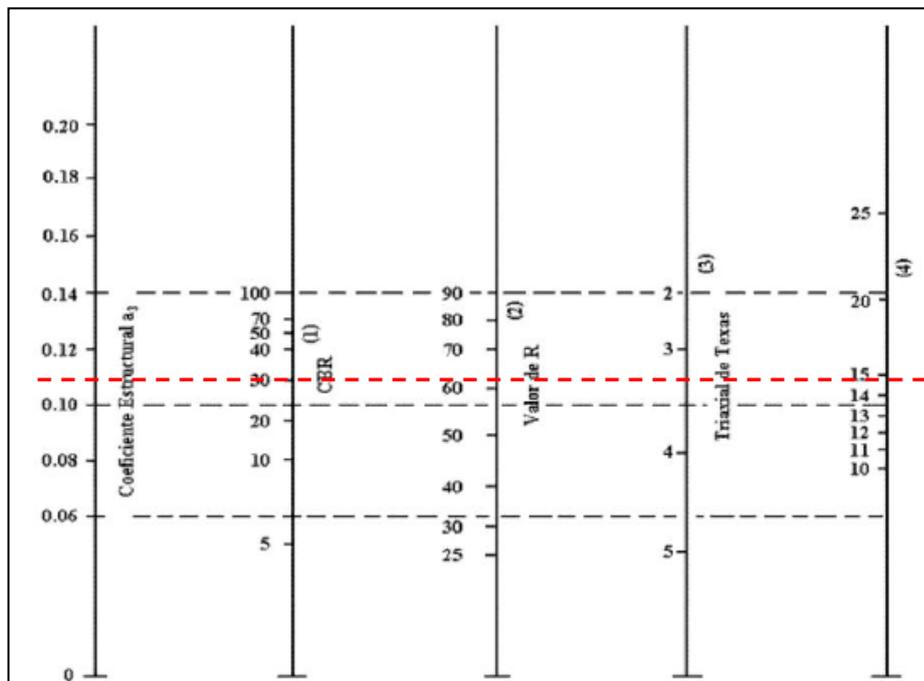


Figura 55: Grafica para determinar el coeficiente estructural a.

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

Tabla 44: Valores de a3 según CBR.

Sub - base Granular	
CBR	a3
10	0.08
15	0.09
20	0.093
25	0.102
30	0.108
35	0.115
40	0.12
50	0.125
60	0.128
70	0.13
80	0.135
90	0.138
100	0.14

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

De acuerdo con el nomograma, se determinó que el módulo elástico de la subbase es de 14900 psi lo que equivale a 14.90 ksi, con un coeficiente estructural de 0.108.

2.4.3.26 Coeficiente de drenaje (m2, m3)

Para determinar el coeficiente de drenaje de la parroquia El Tingo y Guangaje es necesario acudir a los anuarios meteorológicos proporcionados por el INAMHI y conocer la distribución de la precipitación durante todo un año. La estación meteorológica más cercana es la M0124 que se encuentra en San Juan La Mana.

En la Figura 56, se muestra la distribución de precipitación durante el año 2013, en la cual se puede apreciar que existe la presencia de precipitación durante todo el año. El drenaje será regular debido a la presencia de agua lluvia durante todo el año, por lo cual el agua tardará en ser eliminada.

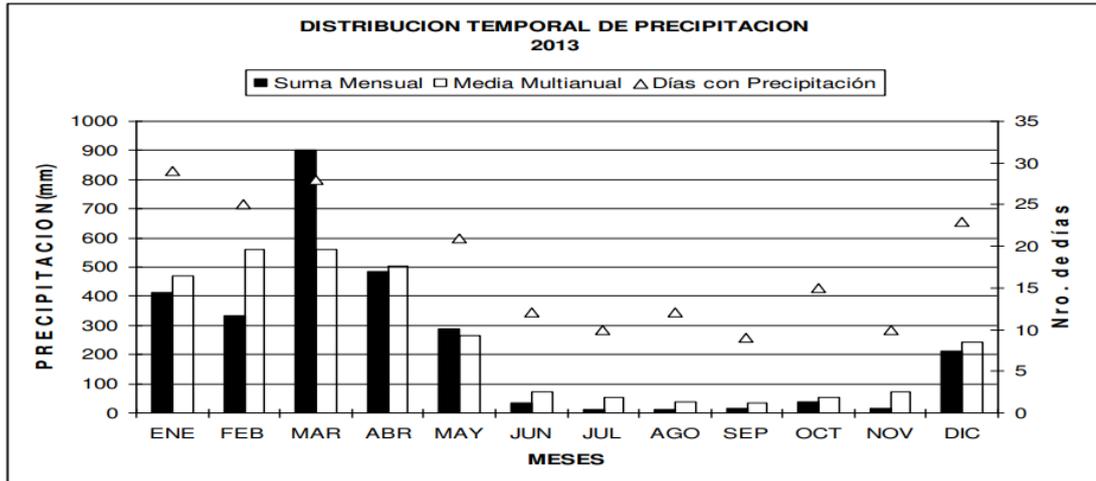


Figura 56: Distribución temporal de precipitación 2013.

Fuente: INAMHI 2013, Anuario Meteorológico.

Tabla 45: Días de lluvia y días secos.

Mes	Días de lluvia	Días secos
Enero	28	3
Febrero	24	5
Marzo	26	5
Abril	23	7
Mayo	20	11
Junio	11	19
Julio	9	22
Agosto	11	20
Septiembre	8	22
Octubre	15	16
Noviembre	9	21
Diciembre	22	9

Fuente: INAMHI 2013, Anuario Meteorológico.

Tabla 46: Calidad de drenaje.

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

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

Tabla 47: Coeficiente de drenaje.

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 - 5 %	5 - 25 %	> 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.2
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.8
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.6
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.4

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

2.4.3.27 Espesores mínimos

La norma AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles establece espesores mínimos de acuerdo con el número de ejes equivalentes acumulados. Para la vía del proyecto, el número de ejes equivalentes es igual a 265174, por lo cual es recomendable el uso de 6.50 cm de espesor para la carpeta asfáltica y 10 cm para la base y sub-base, sin embargo, debido a que la carpeta asfáltica es demasiado costosa se optó por disminuir su espesor y aumentar los espesores de la sub-base la cual es mucho más económica, teniendo cuidado de no afectar su funcionalidad.

Tabla 48: Espesores según eje W 8.2.

Eje W 8.2 Ton	Carpeta asfáltica D1 (cm)	Capa base D2 (cm)
Menos de 50 000	3.0	10.0
50 001 a 150 000	5.0	10.0
150 001 a 500 000	6.5	10.0
500 001 a 200 0000	7.5	15.0
2 000 001 a 7 000 000	9.0	15.0
>7 000 000	10.0	15.0

Fuente: AASHTO 1993, Guía para el diseño de la estructura del Pavimento.

2.4.3.28 Datos para determinar el número estructural SN

Tabla 49: Datos para el diseño de pavimento.

Datos para el diseño de pavimento		
Tipo de pavimento		Flexible
Clasificación de la vía		Vía Clase III
Tráfico promedio diario anual para 2042		591
Período de diseño		20 años
Descripción	Símbolo	Valores
W18 Diseño	W18	265173.681
CBR Diseño	CBR [%]	13.9
Confiabilidad	R [%]	75
Desviación estandar normal	Zr	-0.674
Desviación estandar global	So	0.45
Índice de serviciabilidad	PSI	2.2
Módulo de resiliencia de la subrasante	Mr [Psi]	16598.96
Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica	Mr CA [ksi]	395
Módulo de resiliencia de la base	Mr B [Psi]	28000
Módulo de resiliencia de la sub-base	Mr SB [Psi]	14900
Coficiente estructural de la carpeta asfáltica	a1 [cm]	0.159
Coficiente estructural de la base	a2 [cm]	0.052
Coficiente estructural de la sub-base	a3 [cm]	0.043
Coficiente de drenaje	m2	0.8
	m3	0.8

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

2.4.3.29 Determinación de los espesores del paquete estructural

2.4.3.29.1 SN1 - Carpeta asfáltica

Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)
Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
75 % Zr=-0.674 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante
Mr 28000 psi

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

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 = 265173.681**
 Calcular W18

Número Estructural
SN = 1.48

Observaciones

Calcular Salir

Figura 57: Captura del programa AASHTO 93 con datos reales del diseño para calcular el SN1.

Fuente: Software Ecuación AASHTO 93.

Despejando la **Ec**: 2-36 se obtuvo un espesor teórico de carpeta asfáltica igual a 9.31cm.

$$D_1 = 1.48/0.159$$

$$D_1 = 9.31$$

Se asumió un espesor de 5 cm debido a que la carpeta asfáltica es una de las más costosas en comparación con la base y sub-base, esto será compensado aumentando espesores de las demás capas, y se utilizó la ecuación **Ec: 2-36**, para obtener un número estructural de carpeta asfáltica de 0.80.

Asumo el espesor $D_1 = 5.0 \text{ cm}$

$$SN_1 = 5.0 * 0.159$$

$$SN_1 = 0.80$$

2.4.3.29.2 SN2 - Base

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)
Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
75 % Zr=-0.674 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante
Mr 14900 psi

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

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 = 265173.681**
 Calcular W18

Número Estructural
SN = 1.91

Observaciones

Calcular Salir

Figura 58: Captura del programa AASHTO 93 con datos reales del diseño para calcular el SN2.

Fuente: Software Ecuación AASHTO 93.

Mediante la **Ec: 4-44** se obtuvo un espesor teórico de base igual a 26.56 cm.

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 * m_2}$$

Ec: 4-61

$$D_2 = \frac{1.91 - 0.80}{0.052 * 0.80}$$

$$D_2 = 26.56 \text{ cm}$$

Se asumió un espesor de 10 cm con la finalidad de abaratar costos, esto será compensado aumentando el espesor de la sub-base, se utilizó la ecuación **Ec: 2-37**, para obtener un número estructural de la base $SN_2 = 0.42$.

.Asumo el espesor mínimo $D_2 = 10 \text{ cm}$

$$SN_2 = 10 * 0.052 * 0.80$$

$$SN_2 = 0.42$$

2.4.3.29.3 SN3 - Sub - Base

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)
Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 75 % Zr=-0.674 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr 16598.96 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)
 Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)
 Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 = 265173.681**
 Calcular W18

Número Estructural
SN = 1.83

Observaciones

Calcular Salir

Figura 59: Captura del programa AASHTO 93 con datos reales del diseño para calcular el SN3.

Fuente: Software Ecuación AASHTO 93.

Mediante la **Ec: 2-38** se obtuvo un espesor teórico de sub-base igual a 18.05 cm.

$$D_3 = \frac{1.83 - 0.42 - 0.80}{0.043 * 0.80}$$

$$D_3 = 18.05 \text{ cm}$$

Se asumió un espesor de 20 cm con la finalidad de compensar los espesores reducidos en la carpeta asfáltica y base, esto con la finalidad de crear un paquete estructural de pavimento funcional y económico, se utilizó la ecuación **Ec: 2-39**, para obtener un número estructural de la sub-base $SN_3 = 0.68$.

Asumo un espesor $D_3 = 20 \text{ cm}$

$$SN_3 = 20 * 0.043 * 0.80$$

$$SN_3 = 0.68$$

2.4.3.29.4 Comprobación

Mediante la **Ec: 2-40** se determinó que el paquete estructural de pavimentos cumple con las especificaciones requeridas por ende es un paquete estructural funcional.

$$0.80 + 0.42 + 0.68 \geq 1.83$$

$$1.90 \geq 1.83 \text{ Si Cumple!}$$

Los espesores obtenidos para las diferentes capas de la carpeta asfáltica en base al CBR de laboratorio para la vía que conecta el pueblo Esperanza con Tahualo son:

Tabla 50: Espesores reales para cada estructura del pavimento de la vía diseñada.

Estructura del pavimento	Espesor (cm)
Carpeta Asfáltica	5
Base	10
Subbase	20

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

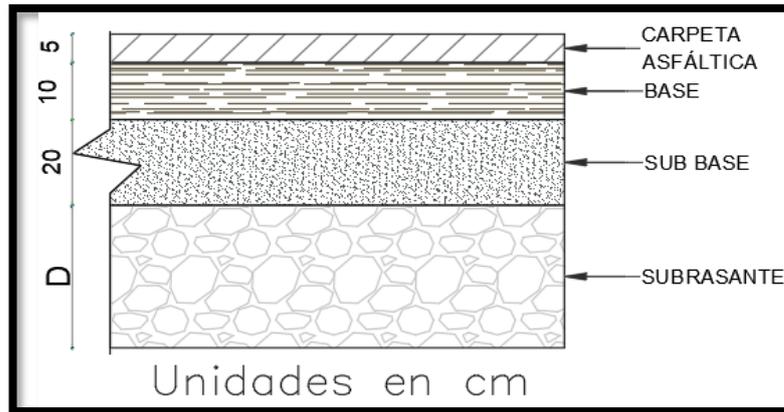


Figura 60: Diseño del paquete estructural mediante CBR de laboratorio
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

2.4.3.30 Cálculo espesor con CBR de la correlación

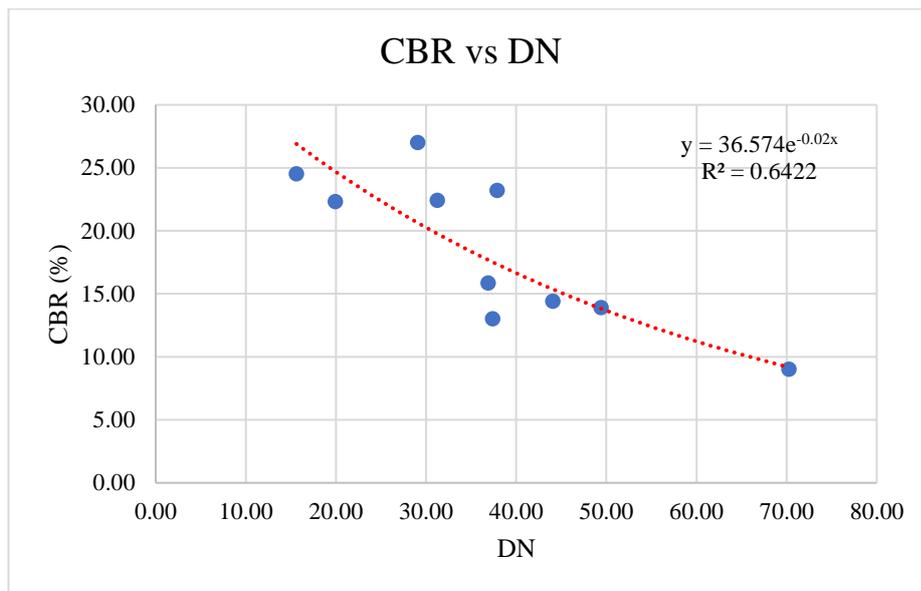


Figura 61: Captura del programa AASHTO 93 con datos reales del diseño para calcular el SN3.
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

El valor de CBR de la correlación fue de 13.62 %, obtenido mediante la siguiente la **Ec:** 3-48. Al tener un CBR dentro del rango de 10% a 20% utilizamos la **Ec:** 2-33, y mediante los siguientes parámetros de diseño obtenidos anteriormente recalculamos los números estructurales.

- Mr de la carpeta asfáltica = 375000 psi (375 ksi).
- Coeficiente estructural “a1”= 0.405 (0.159 cm).
- SN1= 0.80.
- Mr de la base = 28 000 psi (28 ksi).
- Coeficiente estructural “a2”= 0.133 (0.052 cm).
- SN2 = 0.42.
- Mr de la subbase = 14 900 psi (14.90 ksi).
- Coeficiente estructural “a3”= 0.108 (0.043 cm).
- Mr de la subrasante = 16380.85 psi (16.38 ksi).

Figura 62: Captura del programa AASHTO 93 con datos reales del diseño para calcular el SN3.

Fuente: Software Ecuación AASHTO 93.

Mediante la **Ec: 2-38** se obtuvo un espesor teórico de sub-base igual a 18.34 cm.

$$D_3 = \frac{1.84 - 0.42 - 0.80}{0.043 * 0.80}$$

$$D_3 = 18.34 \text{ cm}$$

Se asumió un espesor de 20 cm con la finalidad de compensar los espesores reducidos en la carpeta asfáltica y base, esto con la finalidad de crear un paquete estructural de pavimento funcional y económico, se utilizó la ecuación **Ec: 2-39**, para obtener un número estructural de la sub-base $SN_3 = 0.68$.

Asumo un espesor $D_3 = 20 \text{ cm}$

$$SN_3 = 20 * 0.043 * 0.80$$

$$SN_3 = 0.68$$

Comprobación

Mediante la **Ec: 2-40** se determinó que el paquete estructural de pavimentos cumple con las especificaciones requeridas por ende es un paquete estructural funcional.

$$0.80 + 0.42 + 0.68 \geq 1.84$$

$$1.90 \geq 1.84 \text{ Si Cumple!}$$

Los espesores obtenidos para las diferentes capas de la carpeta asfáltica en base al CBR de la correlación para la vía que conecta el pueblo Esperanza con Tahuato son:

Tabla 51: Espesores reales para cada estructura del pavimento de la vía diseñada.

Estructura del pavimento	Espesor (cm)
Carpeta Asfáltica	5
Base	10
Subbase	20

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

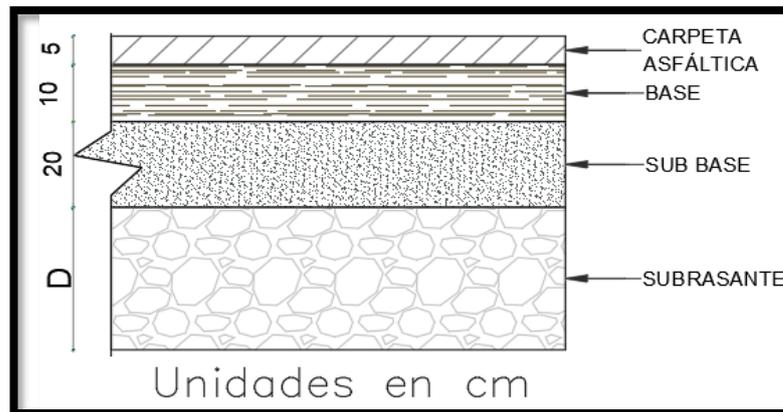


Figura 63: Diseño del paquete estructural mediante CBR por correlación.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

2.4.3.31 Análisis e interpretación de los resultados

Una vez realizado el diseño y cálculo de la estructura del pavimento se determinó que el espesor para carpeta asfáltica, base y subbase es el mínimo establecido en la norma AASHTO, debido a un flujo vehicular bajo y a tipos de vehículos con poco tonelaje que transitan por esta vía. Sin embargo, las condiciones de la carretera de suelo natural no son aptas para el tránsito de vehículos por lo que es necesario realizar a futuro el pavimentado de la vía.

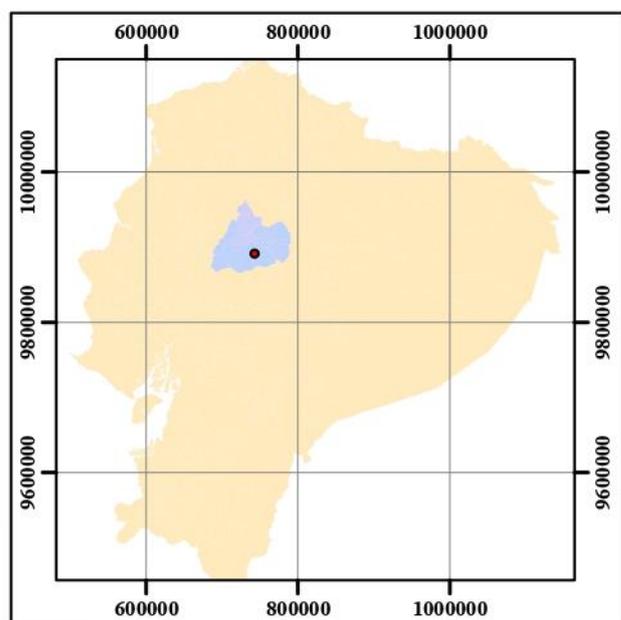
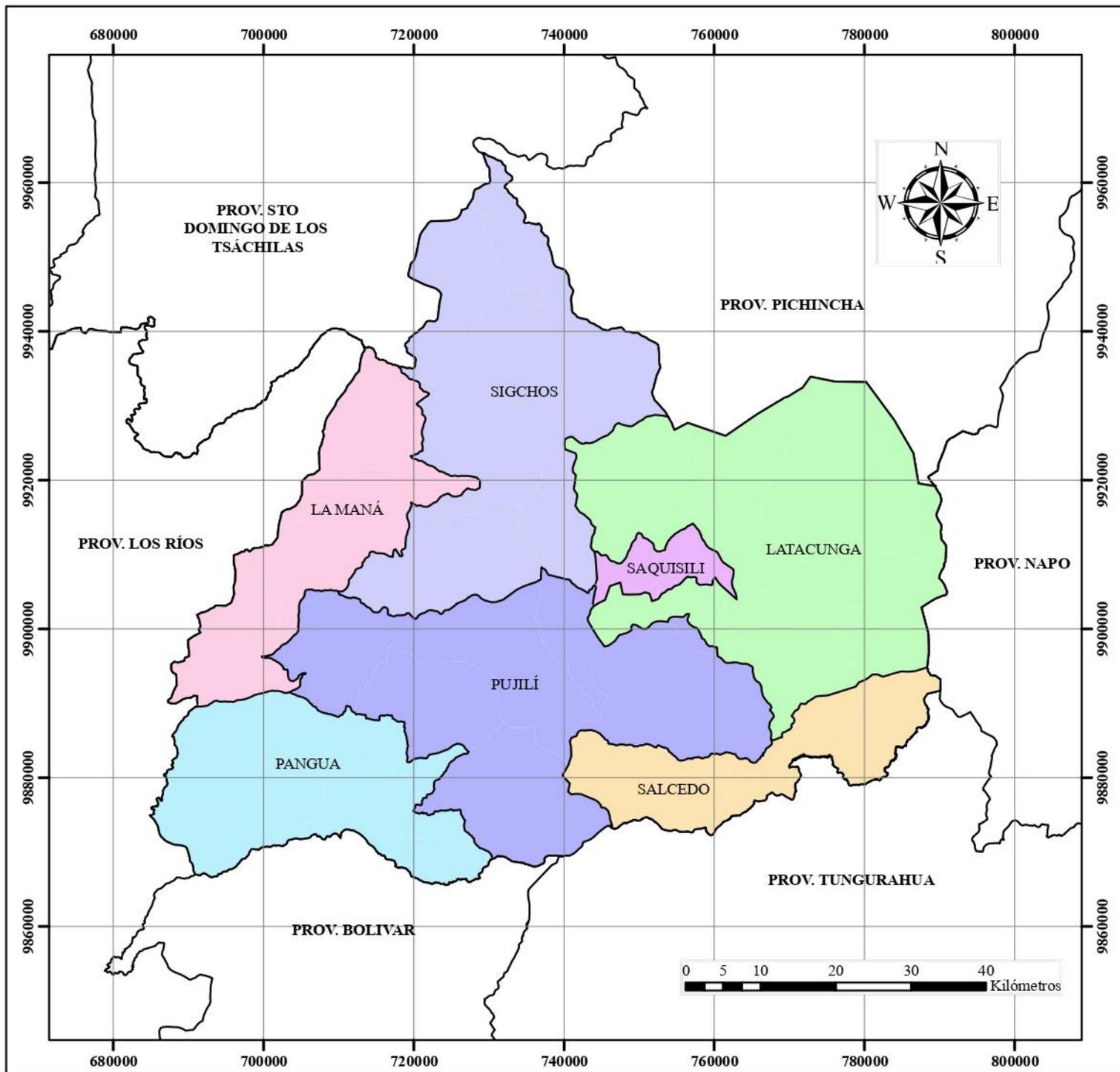
2.4.4 Etapa 4

En esta etapa se realizó una zonificación mediante el software de Arcgis, obteniendo como resultado un mapa de la provincia de Cotopaxi con su división política y un mapa de las parroquias El Tingo y Guangaje delimitando las vías y los puntos de donde se sacaron las 12 muestras de suelo que se han venido estudiando en la etapa 1 y 2. Además, se realizó una tabla con las coordenadas y la clasificación de los suelos según la SUCS y AASHTO, como se muestran en la siguiente tabla.

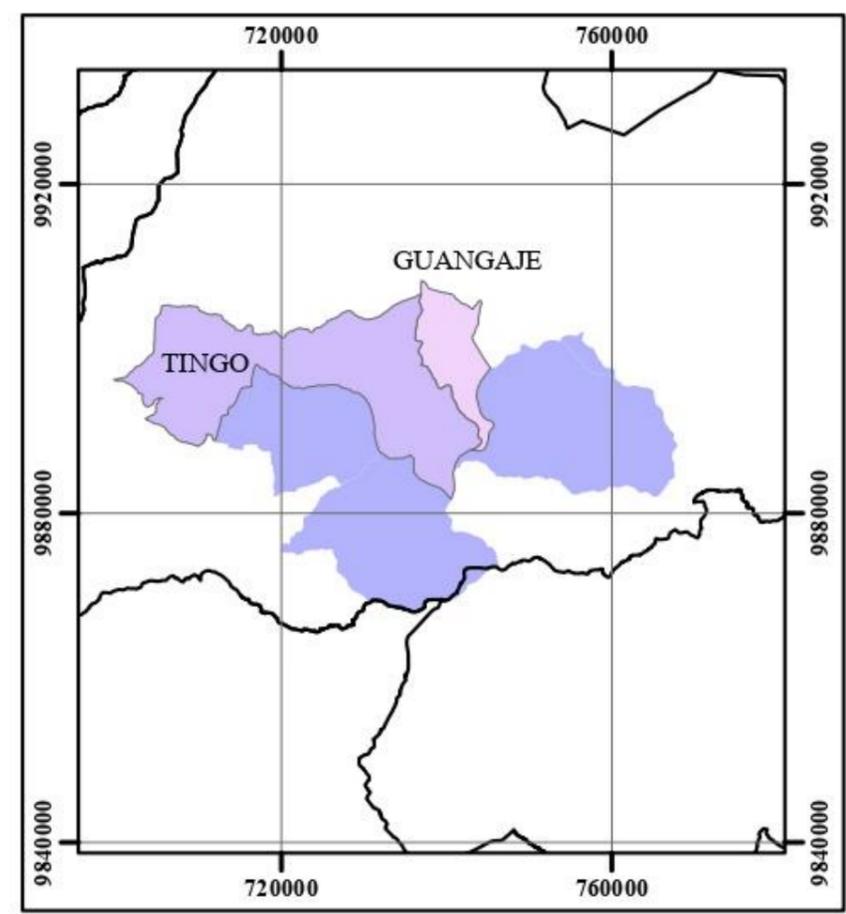
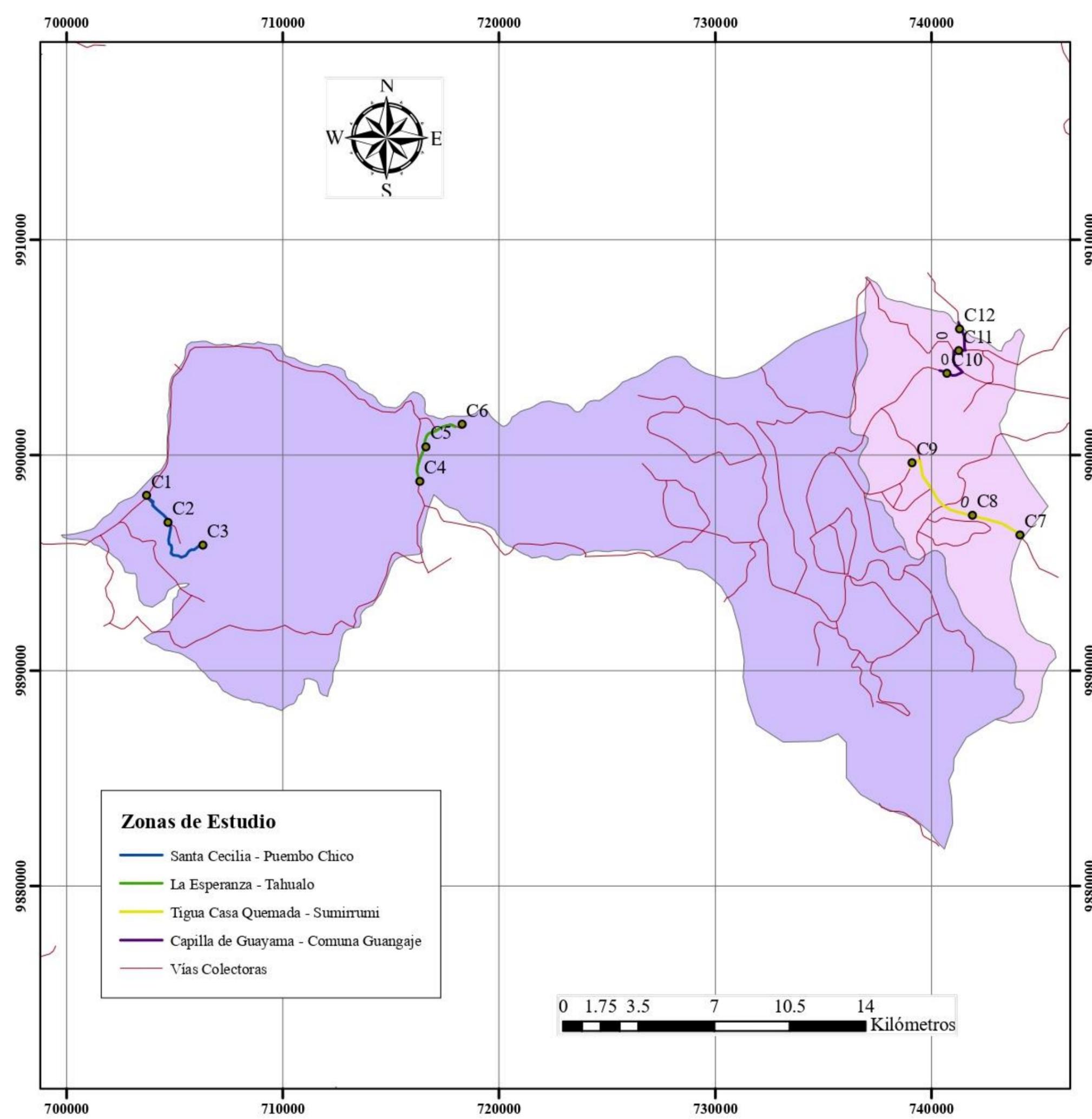
Tabla 52: Ubicación y clasificación de cada punto según SUCS y AASHTO

UBICACIÓN	POZO	ESTE (m)	NORTE (m)	SUCS	AASHTO
Santa Cecilia - Puenbo Chico	P1	703482	9897856	SW-SM	A-2-5 (0)
	P2	704724	9896845	SP-SM	A-2-4 (0)
	P3	706349	9895808	SW-SM	A-2-4 (0)
La Esperanza - Tahualo	P1	716356	9898770	SW-SC	A-2-6*
	P2	716830	9900219	SW-SC	A-2-6*
	P3	718263	9901390	SW-SC	A-2-6*
Tigua Casa Quemada - Sumirrumi	P1	742060	9899384	SM	A-2-4 (0)
	P2	740770	9899408	SW-SM-SC	A-2-4 (0)
	P3	738745	9900053	SP-SM-SC	A-2-4 (0)
Capilla de Guayama - Comuna Guangaje	P1	741071	9904630	SP-SM	A-2-4 (0)
	P2	741648	9905074	SM	A-2-4 (0)
	P3	741880	9906220	SM	A-2-4 (0)

A continuación, se puede apreciar de mejor manera en los mapas generados con el programa Arcgis, cada punto en donde se tomó la muestra delimitada por la parroquia y la vía gracias a la facilidad de este software.



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
TEMA:		"ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS EL TINGO Y GUANGAJE DEL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI"			
CONTIENE:		Mapa Provincial de Cotopaxi y su División Política			
Realizado por:			Revisado por:		
..... Bryan Joaquin Mayorga Viteri		 Ing. MSc. Milton Aldas		
Fecha:	Escala:	Ubicación:			
25/1/2023	1: 750 000	Latacunga - Cotopaxi - Ecuador			
Proyeccion Cartográfica UTM Datum WGS-84 Zona 17S					



UBICACION	POZO	ESTE (m)	NORTE (m)	SUCS	AASHTO
Santa Cecilia - Puenbo Chico	P1	703482	9897856	SW-SM	A-2-5 (0)
	P2	704724	9896845	SP-SM	A-2-4 (0)
	P3	706349	9895808	SW-SM	A-2-4 (0)
La Esperanza - Tahualo	P1	716356	9898770	SW-SC	A-2-6*
	P2	716830	9900219	SW-SC	A-2-6*
	P3	718263	9901390	SW-SC	A-2-6*
Tigua Casa Quemada - Sumirrumi	P1	742060	9899384	SM	A-2-4 (0)
	P2	740770	9899408	SW-SM-SC	A-2-4 (0)
	P3	738745	9900053	SP-SM-SC	A-2-4 (0)
Capilla de Guayama - Comuna Guangaje	P1	741071	9904630	SP-SM	A-2-4 (0)
	P2	741648	9905074	SM	A-2-4 (0)
	P3	741880	9906220	SM	A-2-4 (0)


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

TEMA: "ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS EL TINGO Y GUANGAJE DEL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI"

CONTIENE: Mapa de Calicatas y Vías del Proyecto de Tesis

Realizado por: Bryan Joaquín Mayorga Viteri **Revisado por:** Ing. MSc. Milton Aldas

Fecha: 25/1/2023 **Escala:** 1: 250 000 **Ubicación:** Pujilí - Cotopaxi - Ecuador

Proyeccion Cartográfica UTM
Datum WGS-84 Zona 17S

2.4.4.1 Análisis e interpretación de datos

Como se puede apreciar en los mapas de Arcgis las vías de la parroquia El Tingo pertenece a zonas bajas de la provincia de Cotopaxi, puesto que se encuentran aledañas a la zona costera de La Maná, por consiguiente en base al estudio realizado en el “Atlas socioambiental de Cotopaxi: Programa para la Conservación de la Biodiversidad, Páramos y Otros Ecosistemas Frágiles del Ecuador (CBP)”, en donde nos indica que en sectores con menos altitud se encuentran suelos arcillo-arenosos con poca profundidad [2] , se pudo evidenciar que efectivamente existe suelos arcillo arenosos y suelos areno limosos, mientras que en zonas interandinas de Pujilí se encuentran suelos arenosos con presencia de limos debido a una baja meteorización y poca retención de humedad. [2]

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

2.5 Conclusiones

Se analizó las correlaciones entre el CBR de laboratorio y el DCP de los suelos pertenecientes a la provincia de Cotopaxi, determinando un coeficiente de correlación $R^2=0.7373$ calificándola como buena según la Tabla 6, por lo que es posible realizar una predicción de CBR mediante el uso de la ecuación por correlación.

Se determinó las propiedades índice y mecánica de los suelos de la parroquia El Tingo y Guangaje, obteniendo valores de compactación favorables en las vías de la parroquia Guangaje con una densidad seca máxima que va de 1.673 a 1.783 g/cm³ y porcentajes de CBR de 15.85 a 27, por el contrario, en las vías de la parroquia El Tingo dieron valores bajos que van de 1.408 a 1.698 g/cm³ en cuanto a densidad seca máxima y porcentajes de 9 a 14.40 para CBR.

Se aportó con una base de datos de 20 correlaciones entre ellas 15 correlaciones simples con líneas de tendencia polinómicas, lineales, potenciales y logarítmicas, en donde se obtuvo un coeficiente de correlación de hasta 0.98 y 5 correlaciones múltiples lineales con 3 variables, en donde se determinó un coeficiente de correlación de hasta 0.80.

Se aplicó los resultados en el diseño de pavimento por medio de un CBR de laboratorio y un CBR obtenido mediante la ecuación de correlación dándonos espesores de 5cm para la carpeta asfáltica, 15cm para la base y 15cm para subbase en ambos casos debido a que no existe mucha diferencia en los valores de CBR.

Se zonificó mediante el software Arcgis las parroquias El Tingo y Guangaje, y los puntos exactos de donde se extrajeron las muestras, además se clasificó según la SUCS y AASHTO el tipo de suelo de cada vía, concluyendo que los suelos pertenecientes a estas 2 parroquias son arenas arcillosas, arenas limosas y arenas limo-arcillosas, según

la clasificación SUCS, mediante la normativa AASHTO se determinó que en las 12 muestras se encontraron suelos A-2-5 , A-2-A y A-2-6* .

2.6 Recomendaciones

Para la realización de los diferentes tipos de ensayos realizados tanto en campo como en laboratorio se recomienda a la Universidad Técnica de Ambato contar con un mayor suministro de equipos ya que con los que cuenta actualmente no satisface la necesidad de los estudiantes.

Para disminuir el porcentaje de error al utilizar la ecuación obtenida por la correlación entre el CBR y DCP se recomienda que su uso sea únicamente en la zona de las parroquias El Tingo y Guangaje.

Al realizar cualquier diseño del paquete estructural de pavimentos se recomienda tratar de diseñar con espesores mínimos con la finalidad de abaratar costos, teniendo en cuenta que el diseño cumpla con la normativa AASHTO 93.

En la zonificación se recomienda al momento de usar el GPS esperar que se carguen los satélites, para así obtener datos más precisos de las coordenadas del sector y poder representarlos de mejor manera en el software Arcgis.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. Marin, *Mecánica de Suelos*, 5ª edición. Guayaquil, 1991.
- [2] C. Martínez, “Atlas socioambiental de Cotopaxi: Programa para la Conservación de la Biodiversidad, Páramos y Otros Ecosistemas Frágiles del Ecuador (CBP).”, p. 0, 2006.
- [3] GAD Pujilí, “Pdyot Pujili 2018 PDF | PDF | Roca (geología) | Terreno.”
- [4] A. Bonilla Flores, “Influencia de las condiciones de compactación en la presión de preconsolidación de un suelo,” 2013.
- [5] 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.
- [6] R. S. Patel and M. D. Desai, “CBR Predicted by Index Properties for Alluvial

- Soils of South Gujarat,” *Indian Geotech. Conf.*, pp. 79–82, 2010.
- [7] G. V. Ramasubbarao and G. Siva Sankar, “Predicting soaked CBR value of fine grained soils using index and compaction characteristics,” *Jordan J. Civ. Eng.*, vol. 7, no. 3, pp. 354–360, 2013.
- [8] T. Taskiran, “Prediction of California bearing ratio (CBR) of fine grained soils by AI methods,” *Adv. Eng. Softw.*, vol. 41, no. 6, pp. 886–892, 2010, doi: 10.1016/j.advengsoft.2010.01.003.
- [9] C. Borja Ortiz, “Correlacion entre el CBR, DCP y las propiedades indice y mecanicas en los suelos granulares de la parroquia San Jose de Poalo del canton pillaro, provincia de Tungurahua,” Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica~..., 2021.
- [10] P. F. Jiménez Sisa, “Correlación entre el CBR, DCP y las propiedades índice y mecánicas en los suelos del cantón Salcedo de la provincia de Cotopaxi,” Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica~..., 2022.
- [11] A. Solano and A. Andres, “Determinación del CBR de Laboratorio y natural en suelos finos y su correlación con el DCP para la determinación de la capacidad portante de la sub-rasante, en el diseño de pavimentos flexibles de la Ciudad de Quito.,” 2013.
- [12] D. E. Masís-Flores, “Zonificación y caracterización geotécnica de los suelos de la sede central del Instituto Tecnológico de Costa Rica,” 2017.
- [13] A. P. Vanegas-Padilla and E. R. Ortega-Sinning, “Análisis de la incidencia geotécnica para la construcción de un distrito de riego en el departamento de Atlántico--Colombia,” *Rev. Politécnica*, vol. 18, no. 36, pp. 17–29, 2022.
- [14] W. Á. B. DIAZ, “MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS DE SUELOS Y MEMORIA DE CÁLCULO,” vol. 10, no. 09, pp. 54–59, 2015.
- [15] A. Hamid, “THE DYNAMIC CONE PENETRATION TEST : A REVIEW OF ITS CORRELATIONS,” no. March, 2018, doi: 10.13140/RG.2.2.13275.46882.
- [16] T. J. Lozada Sánchez, “Correlación entre el CBR, DCP y las propiedades índice y mecánicas en los suelos de las parroquias: Patate (la matriz) y el triunfo del cantón Patate, provincia de Tungurahua,” Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica~..., 2022.
- [17] E. J. Badillo, *Mecanica De Suelos I/Ground Mechanics I: Fundamentos de la Mecanica de Suelos/Fundamentals of Ground Mechanics*, vol. 1. Editorial Limusa, 1974.
- [18] B. M. Das, “Fundamentos de ingeniería geotécnica (Cuarta edición ed.),” *Mex. CENGAGE Learn.*, 2015.
- [19] F. Villalobos, *Mecánica de Suelos: Segunda Edición*. Ediciones UCSC, 2016.
- [20] W. A. Botía Díaz and others, “Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo,” 2015.

- [21] J. E. Bowles, “Propiedades geofísica de los suelos,” 1982.
- [22] S. A. D. L. C. Vega, “Mecánica de Suelos y cimentaciones Capítulo 3: Estudios de mecánica de suelos,” *UNIVERSIDAD, Cienc. y Tecnol.*, vol. 21, no. 82, pp. 4–15, 2017.
- [23] C. A. M. Vera, J. R. G. Delgado, E. H. O. Hernández, and J. J. G. Vínces, “Análisis comparativo de suelo de campo y laboratorio para la medición de su capacidad portante con ensayos de Valor de Soporte de California (CBR) y Cono Dinámico de Penetración (DCP) en la Universidad Técnica de Manabí,” *Rev. Investig. en Energía, Medio Ambient. y Tecnol. RIEMAT ISSN 2588-0721*, vol. 4, no. 2, pp. 79–82, 2019.
- [24] M. Triola, “Estadística(Décima).” Pearson Educación. <https://www.uv.mx/rmipe/files/2015/09/Estadistica.pdf>, 2009.
- [25] M. R. S. Spiegel, “Estadística/Murray R. Spiegel y Larry J. Stephens.,” 2009.
- [26] E. Lahura and others, *El coeficiente de correlación y correlaciones espúreas*, vol. 218. Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Economía, 2003.
- [27] M. L. A. Demera, C. M. D. Romero, E. H. O. Hernández, and D. A. D. Gutiérrez, “Estudio para determinar la capacidad portante del suelo como parámetro geotécnico, aplicando el ensayo de cono dinámico de penetración (DCP), en los terrenos aledaños a la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas,” *Rev. Investig. en Energía, Medio Ambient. y Tecnol. RIEMAT ISSN 2588-0721*, vol. 4, no. 2, pp. 39–43, 2019.
- [28] A. Salazar Rodríguez, “Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos,” *México*, 1998.
- [29] A. Montejó Fonseca, “Ingeniería de pavimentos: fundamentos, estudios básicos y diseño,” *Bogotá, DC*, 2010.
- [30] M. Cassan, *LOS ENSAYOS IN SITU EN LA MECANICA DEL SUELO: SU EJECUCION E INTERPRETACION*, vol. 1. Reverte, 1982.
- [31] Ministerio de Obras Publicas Dirección de Vialidad, “Volumen N2 (MC-V2) : Procedimientos de Estudios Viales,” *Mop*, p. 523, 2018.
- [32] W. T. MENDOZA, “ASTM Designación D1556-82 - DENSIDAD DE CAMPO POR EL METODO DEL CONO DE ARENA.”
- [33] A. S. O, C. G. V. C, E. G. V, A. C. S, and A. H. A, “Mecánica de suelos - Determinación de la densidad en el terreno - Método del cono de arena”.
- [34] F. Viscarra, “EL CONO DINÁMICO DE PENETRACIÓN Y SU APLICACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE SUELOS”.
- [35] N. C. Oficial, E. O. S, E. R. M, A. C. S, and M. S. E, “Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 2 : Determinación del límite plástico,” 2015.
- [36] T. K. Pellinen, *Investigation of the use of dynamic modulus as an indicator of hot-mix asphalt performance*. Arizona State University, 2001.

- [37] C. Martínez Bencardino, *Estadística y Muestreo*. 2012.
- [38] MTOP, “Normas de Diseño Geométrico de Carreteras,” *Mtop*, vol. 2, p. 475, 2003.
- [39] M. Reyes and R. Cal, *Ingeniería de tránsito*. Representaciones y Servicios de Ingeniería, 1972.
- [40] AASHTO, *Guía para el diseño de una estructura de pavimento*. 1993.
- [41] UTC, “AREA CONSTRUCCIÓN Asignatura: Introducción a la Mecánica de Suelos Código: CO 0707/G03/Clasificación de Suelos,” no. c, pp. 1–18, 2016.

ANEXOS

Fotografías

a. Pozo a cielo abierto



Figura 64: Georreferenciación de los pozos.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri



Figura 65: Excavación del pozo.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

b. Densidad de campo, método del cono y arena de Ottawa



Figura 66: Preparación de la base para realizar el ensayo de densidad de campo.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri



Figura 67: Determinación de la densidad de campo.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

c. Cono Dinámico de Penetración (DCP)



Figura 68: Preparación de los materiales para realizar el ensayo DCP.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri



Figura 69: Aplicación de golpes para la penetración.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

d. Gravedad Específica de los Sólidos



Figura 70: Preparación de materiales para realizar el ensayo.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri



Figura 71: Toma de pesos del picnómetro.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri



Figura 72: Aplicación del baño María.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

e. Granulometría



Figura 73: Colocación de los tamices en el tamizador.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri



Figura 74: Tamizado de la muestra de suelo.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

f. Límite líquido (Copa Casagrande)



Figura 75: Preparación materiales para realizar el ensayo.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri



Figura 76: Realización del ensayo Copa Casagrande.
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

g. Límite Plástico



Figura 77: Preparación de los rollitos de muestra de suelo.
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

h. Proctor Modificado



Figura 78: Preparación de los materiales para realizar el ensayo.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri



Figura 79: Aplicación del número de golpes.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri



Figura 80: Enrasado del molde.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

i. Ensayo CBR



Figura 81: Toma de lecturas durante la inmersión.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri



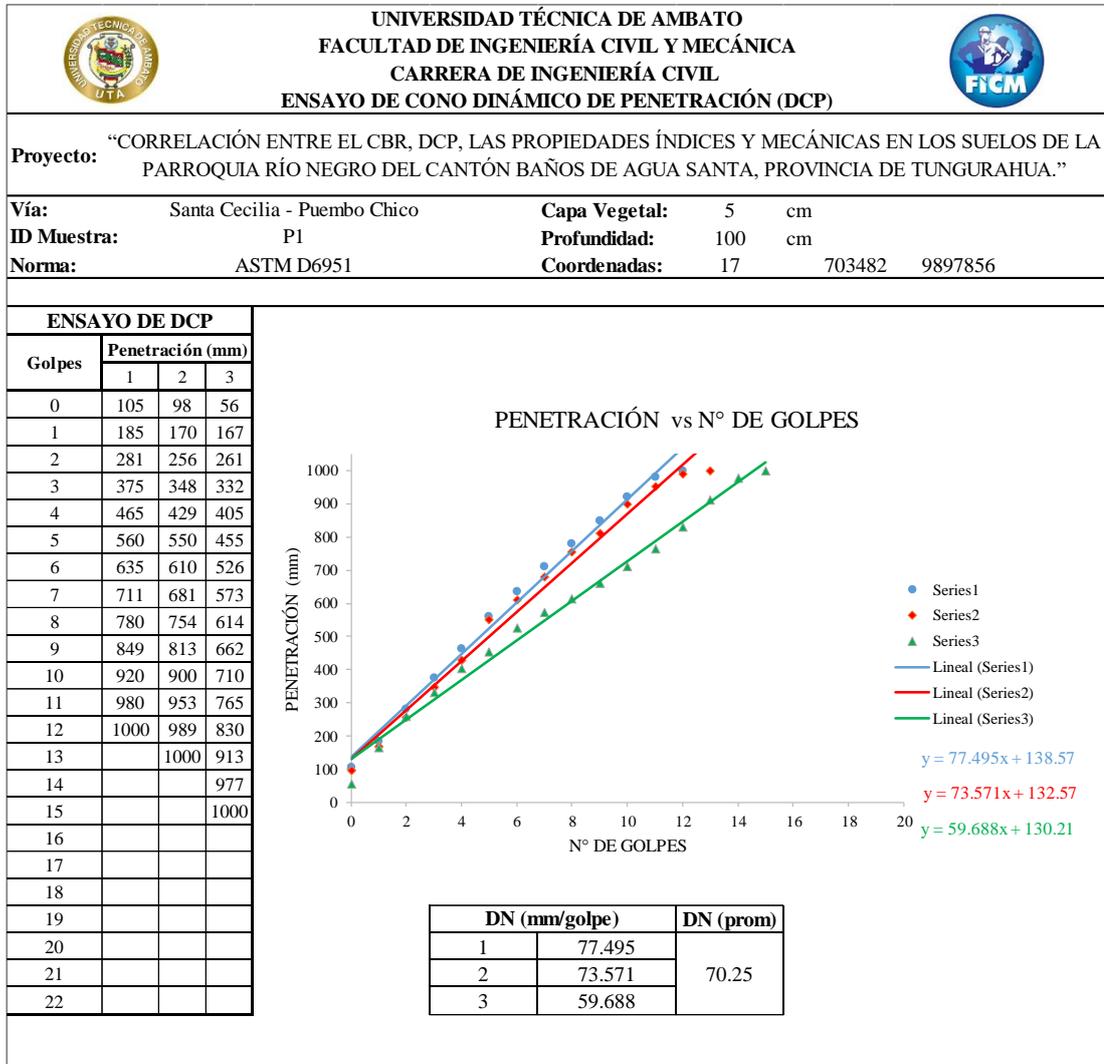
Figura 82: Ensayo de los moldes en la máquina CBR.

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tablas y ensayos

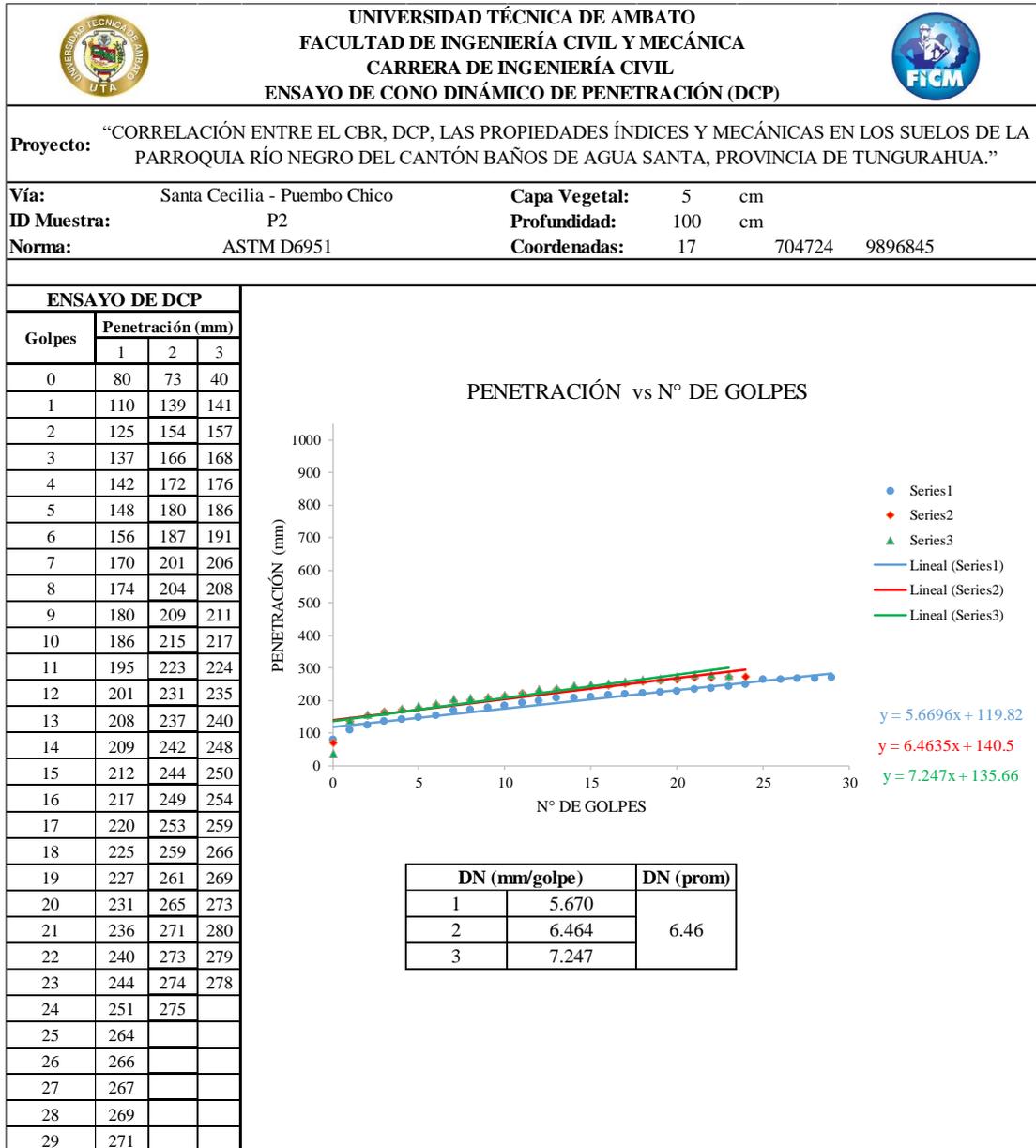
DCP

Tabla 53: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 1



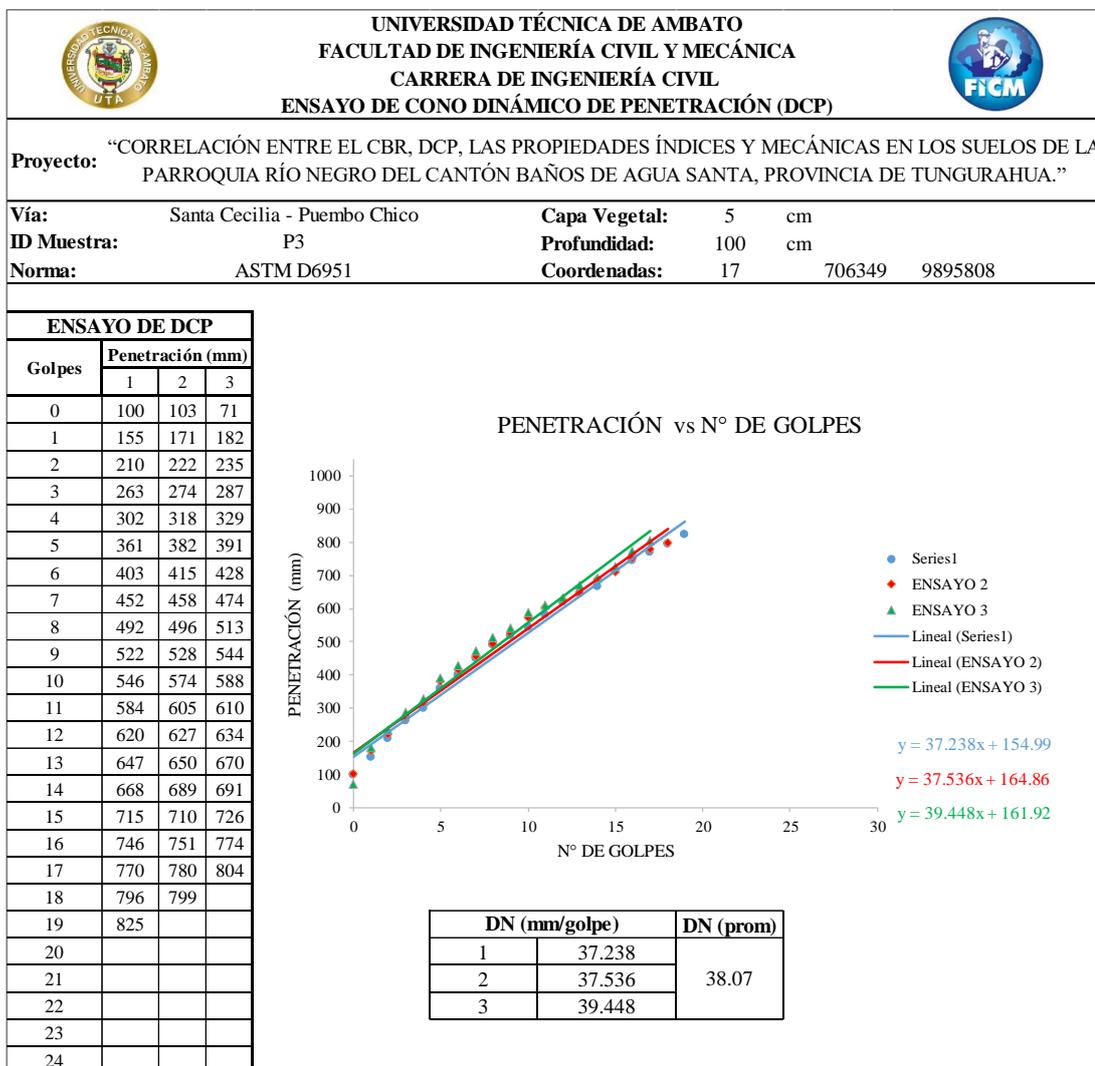
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 54: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 2



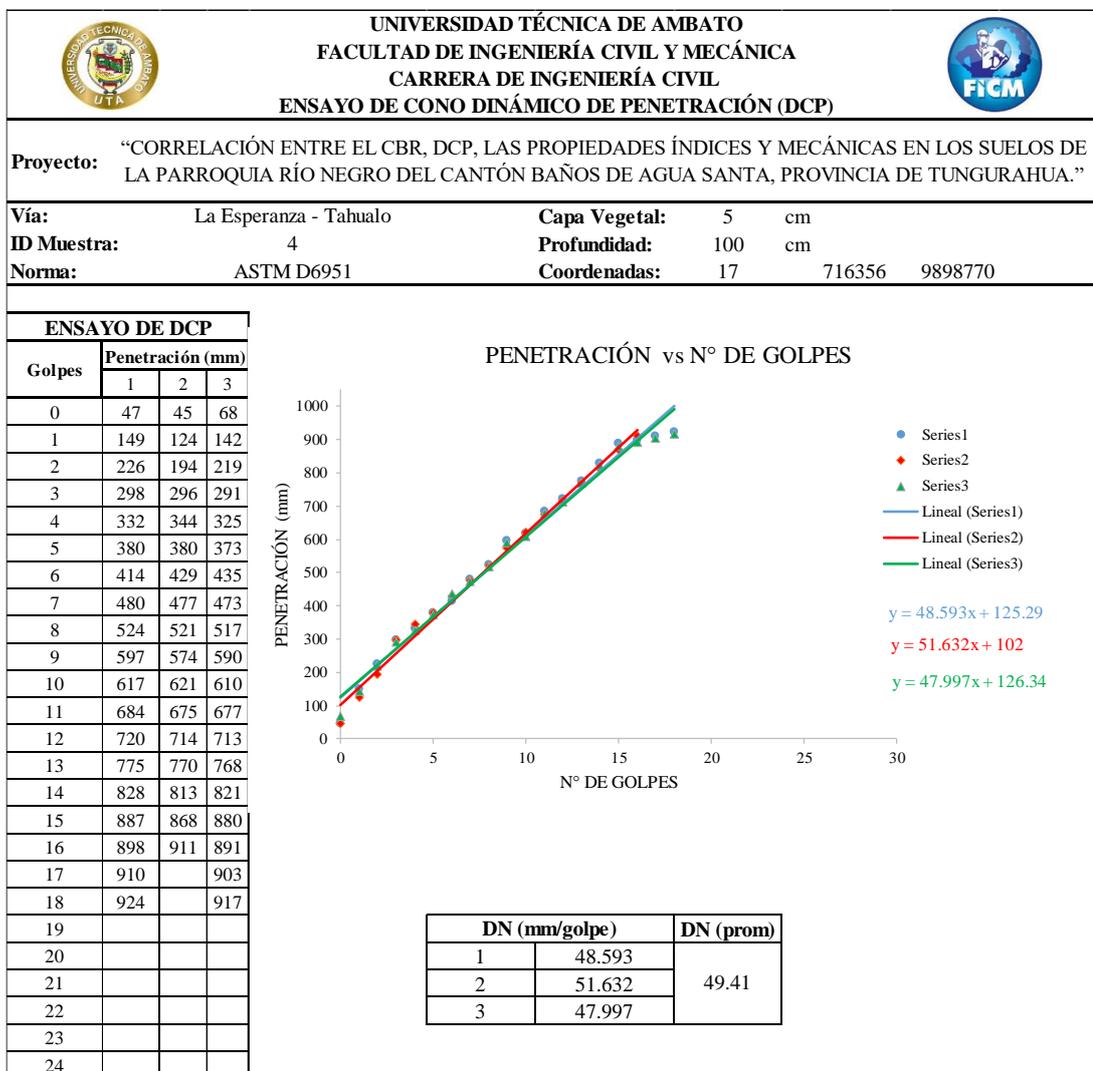
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 55: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 3



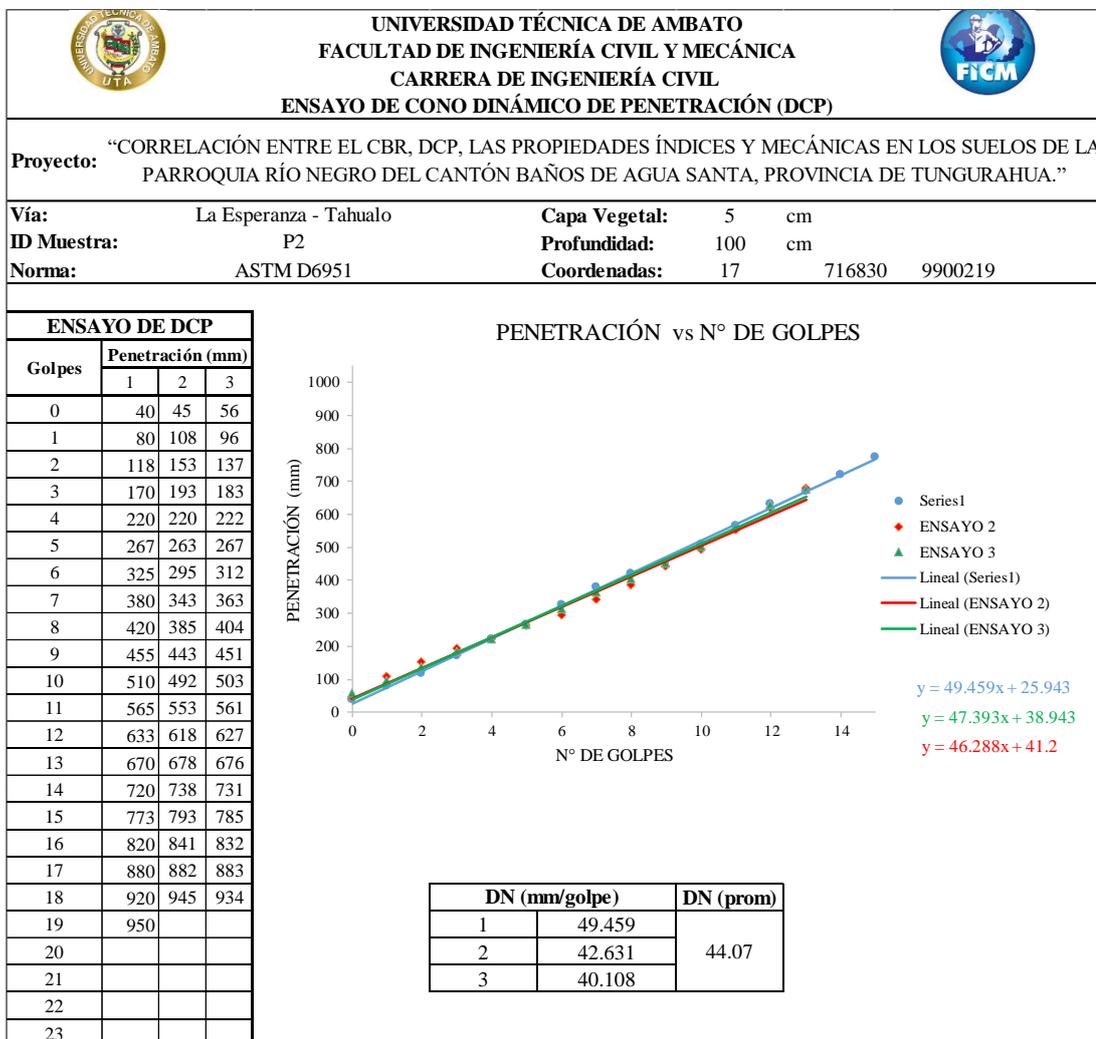
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 56: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 4



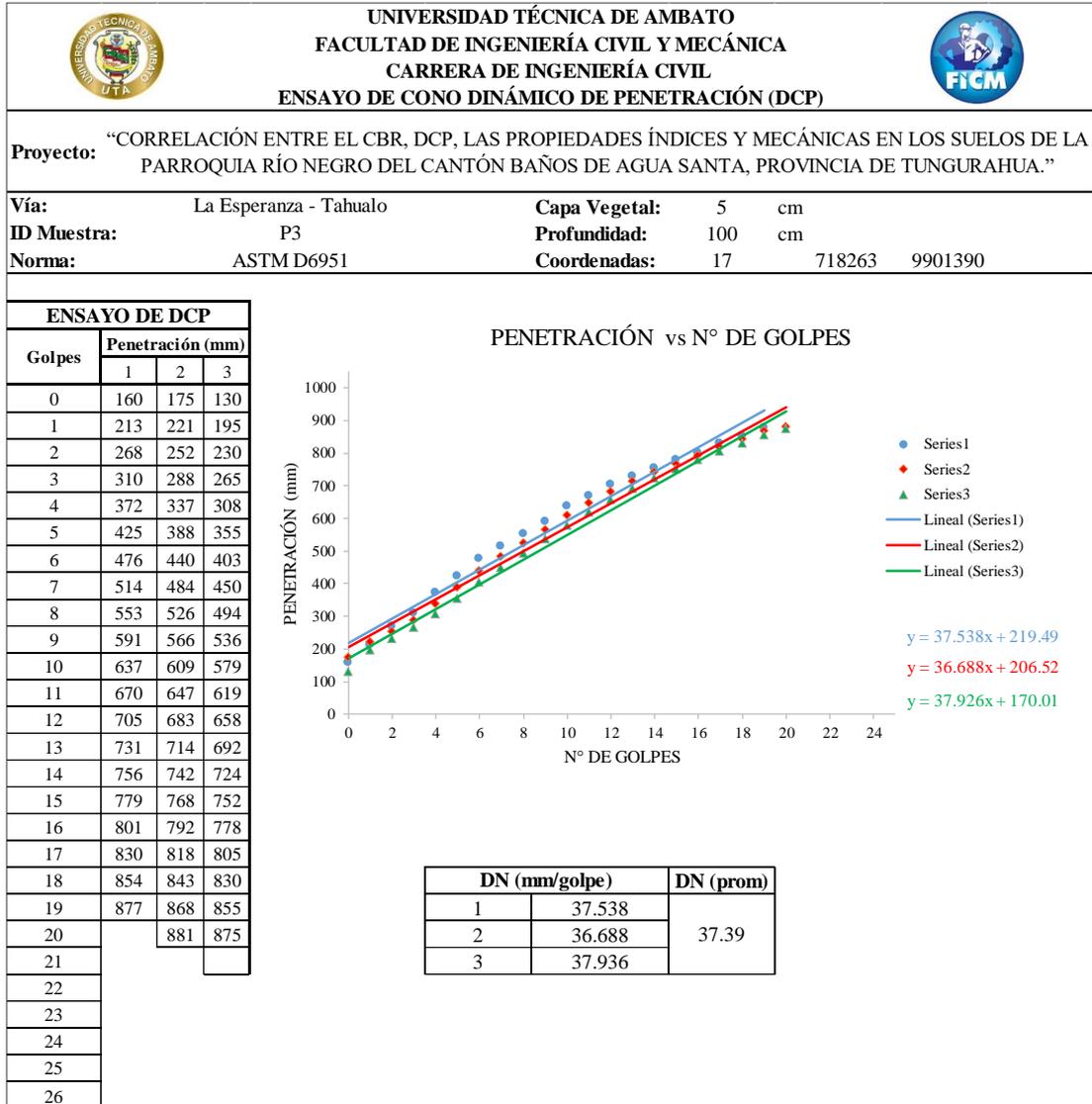
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 57: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 5



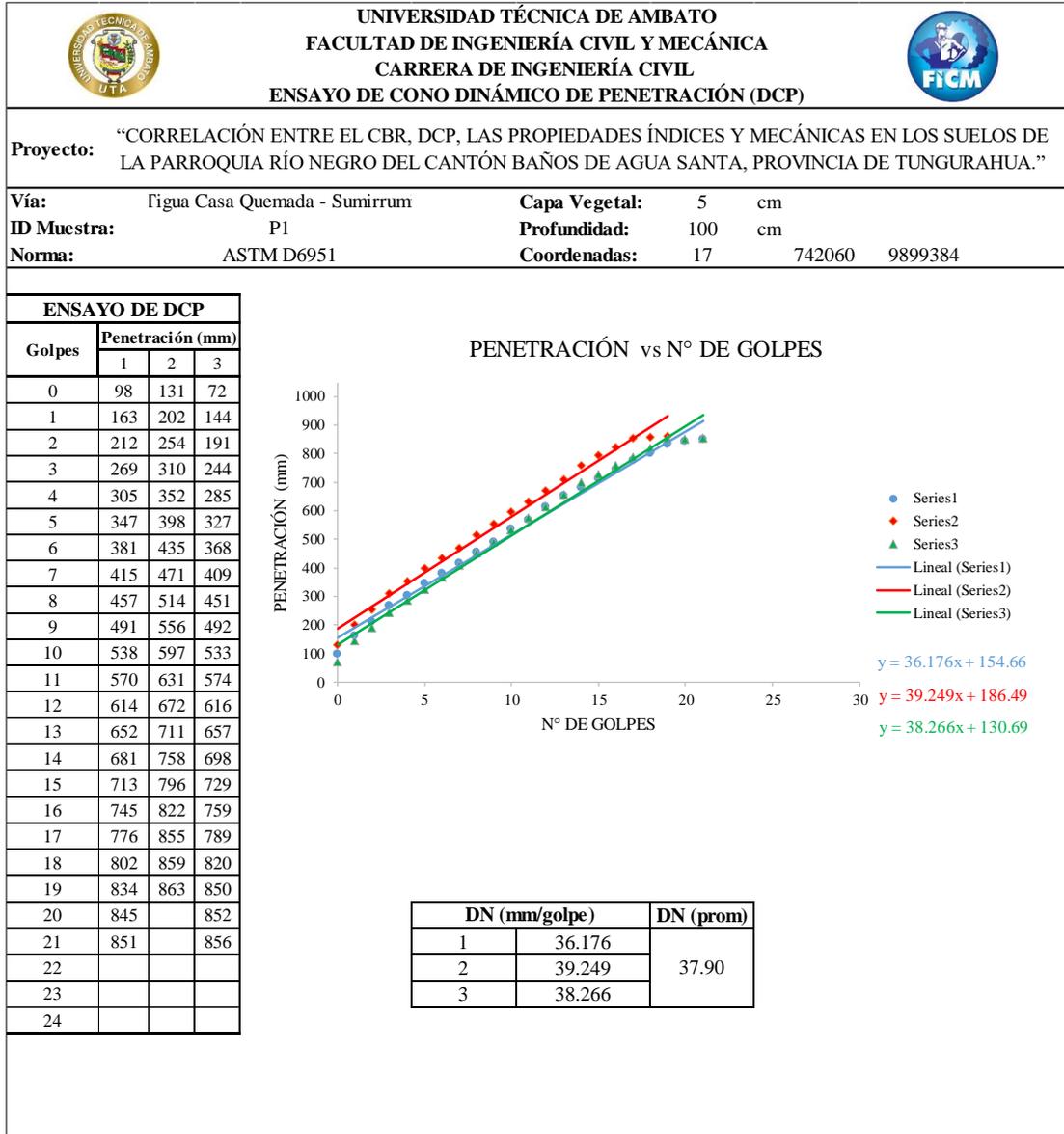
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 58: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 6



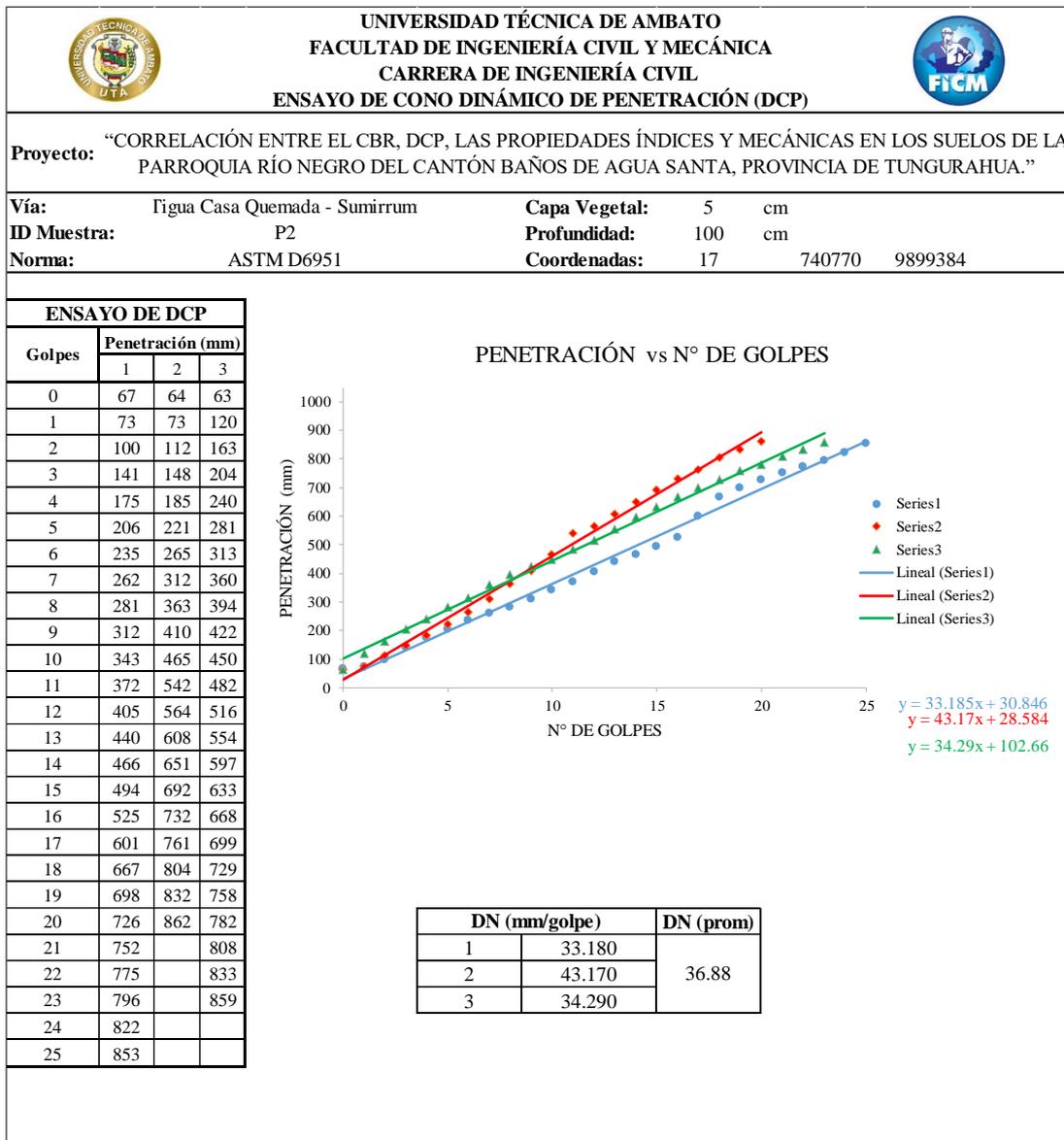
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 59: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 7



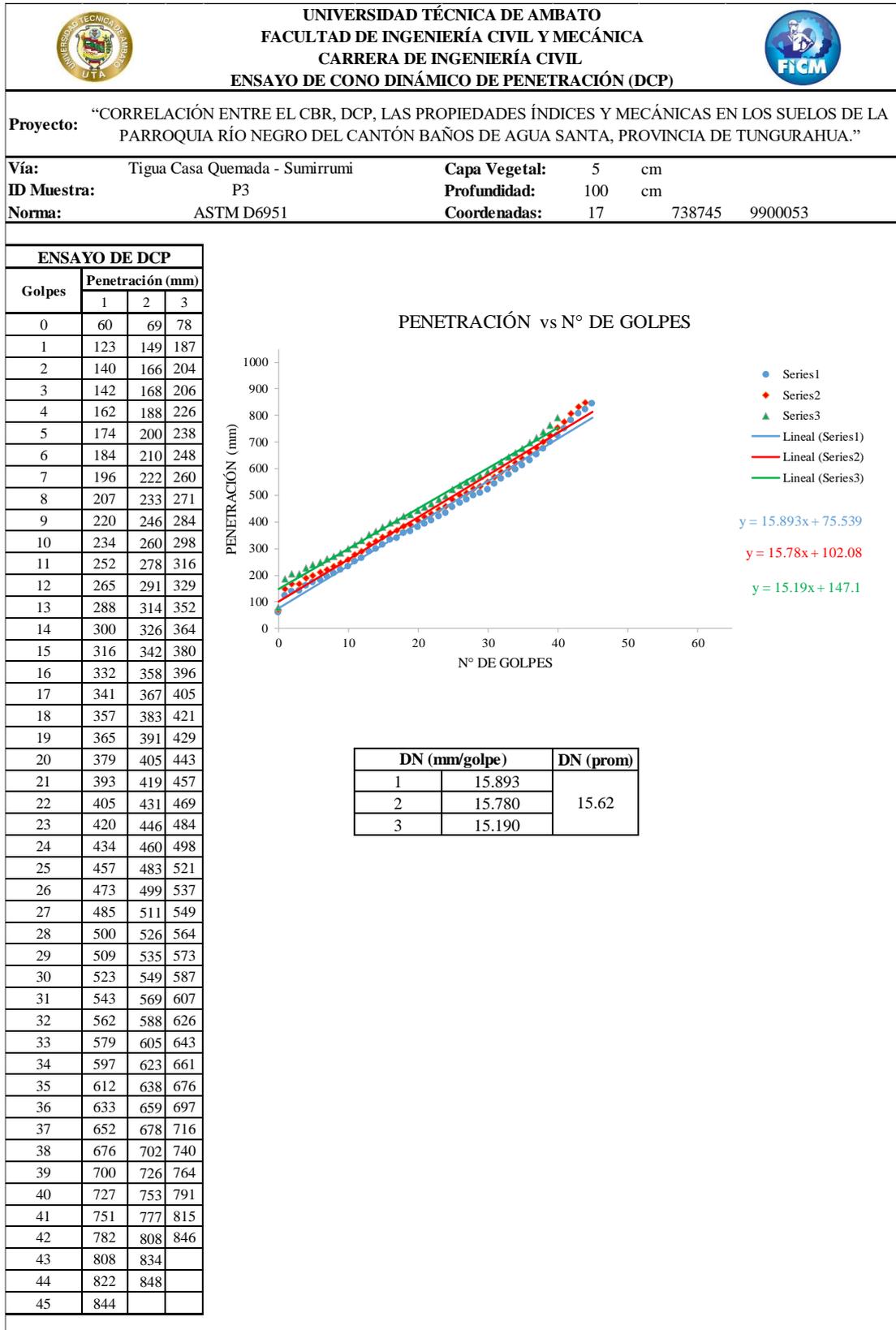
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 60: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 8



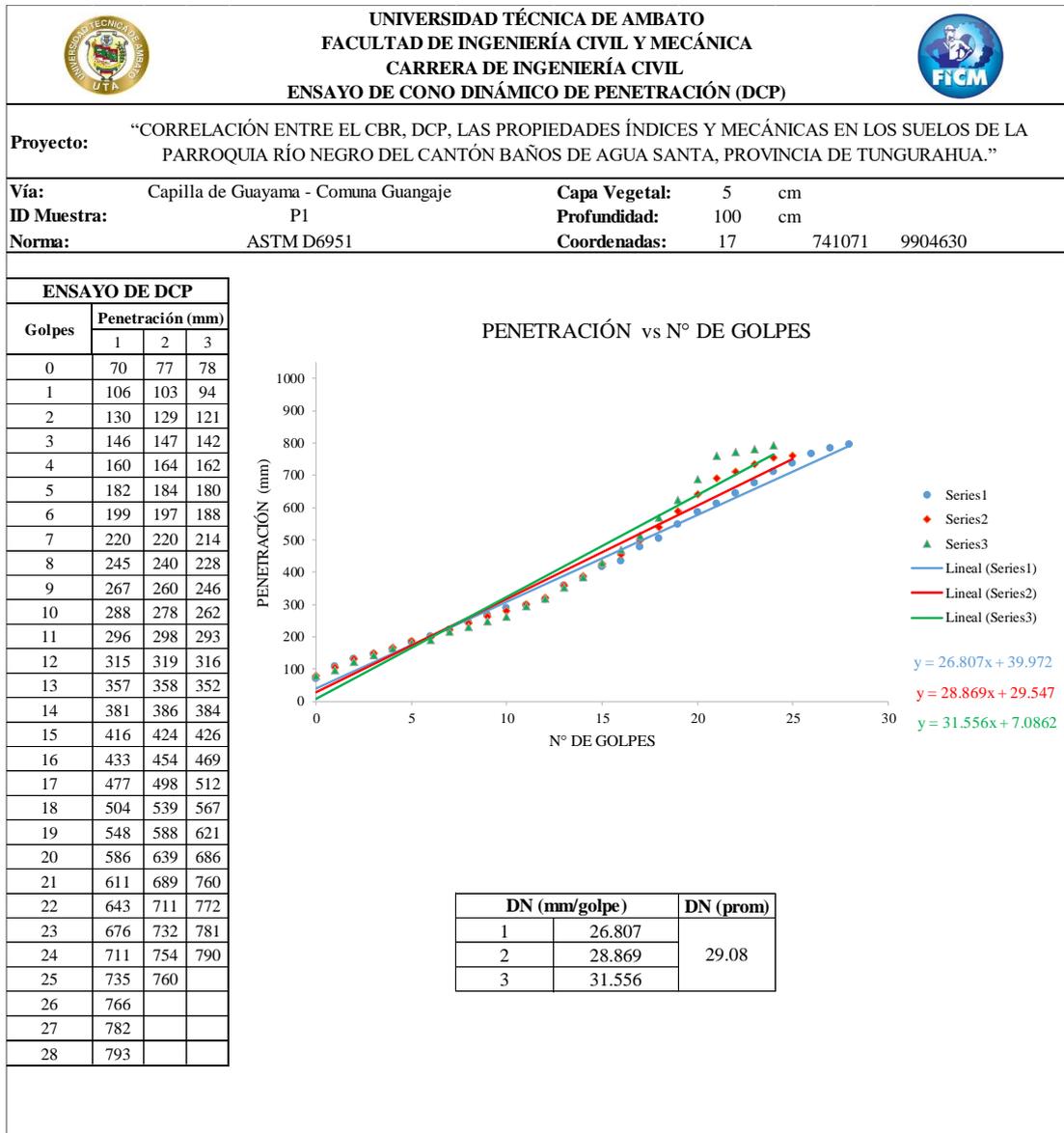
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 61: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 9



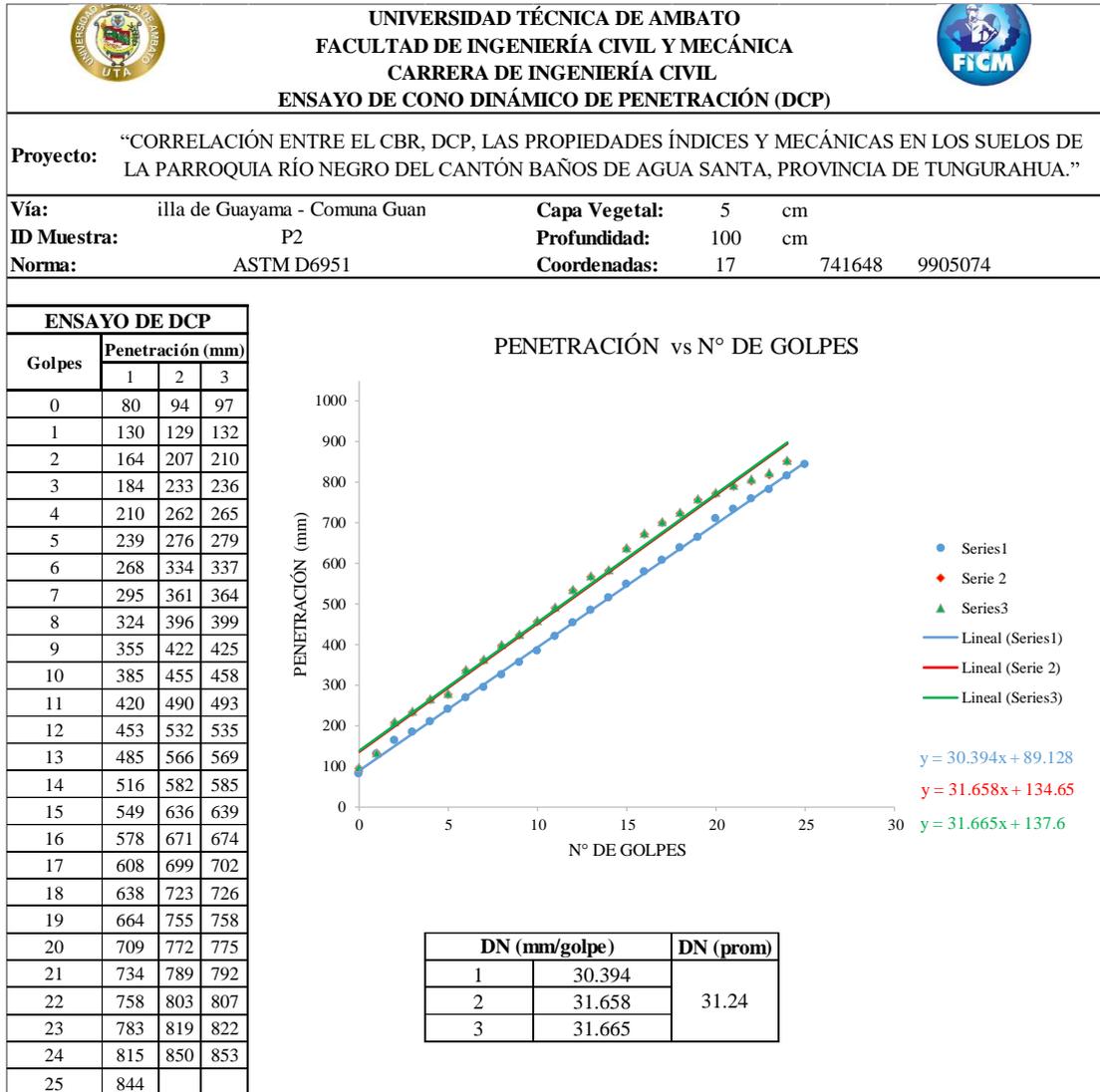
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 62: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 10



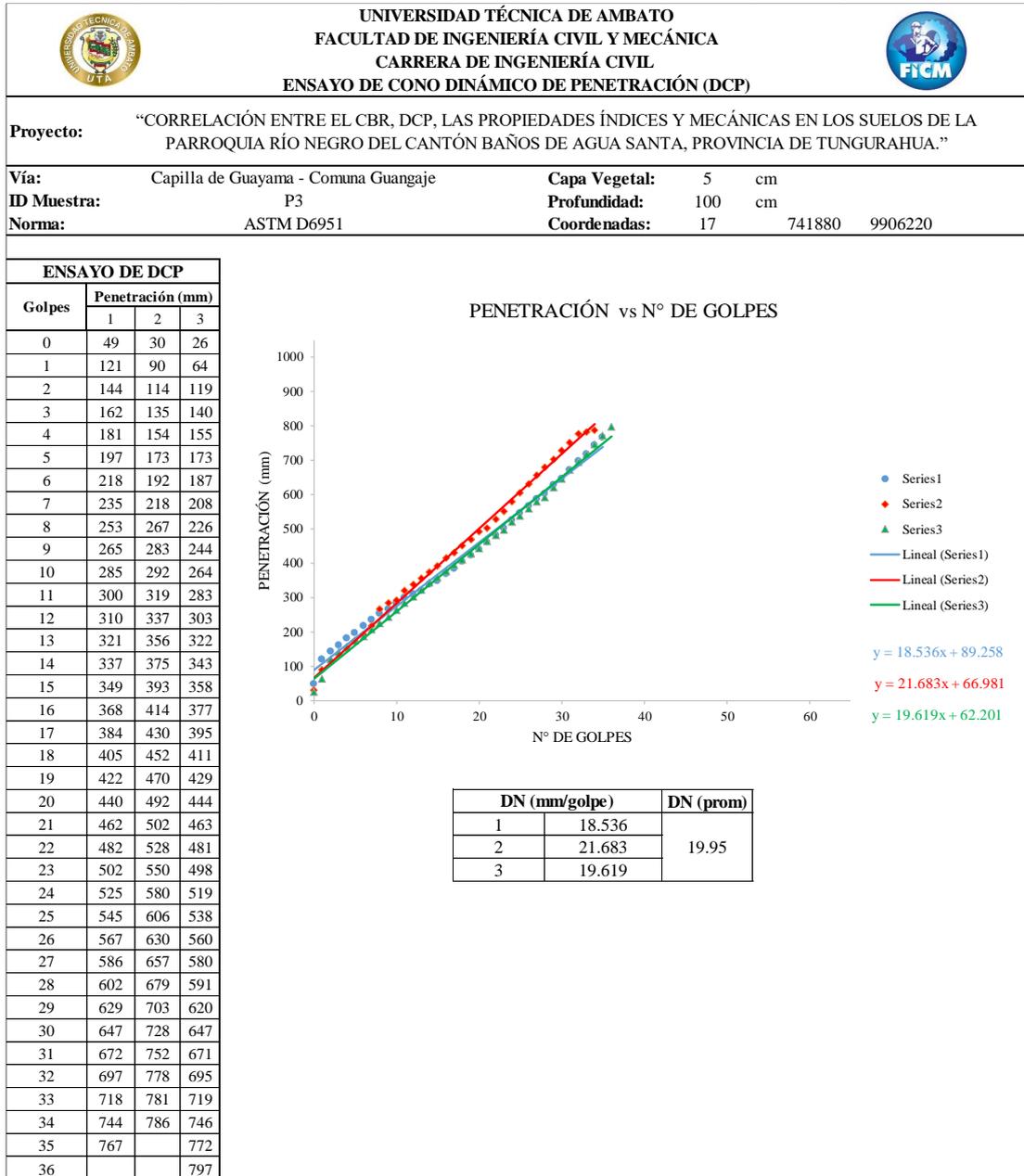
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 63: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 11



Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

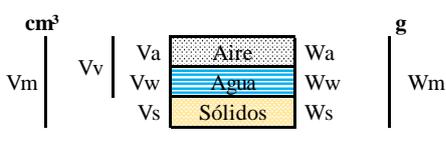
Tabla 64: Ensayo de cono dinámico de penetración (DCP) muestra 12



Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Densidad de campo

Tabla 65: Ensayo densidad de campo, muestra 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE CAMPO			
Proyecto: "CORRELACION ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES INDICES Y MECANICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."			
Vía:	Santa Cecilia - Puenbo Chico	Capa Vegetal:	5 cm
ID Muestra:	P1	Profundidad:	100 cm
Norma:	AASHTO T191 2014	Coordenadas:	17 703482 9897856
DETERMINACIÓN DEL SUELO EXTRAÍDO			
Peso de la masa del suelo + recipiente	2250	g	
Peso de recipiente (funda plastica)	1.5	g	
Peso de la masa del suelo (Wm)	2248.5	g	
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO			
Peso inicial frasco + cono + arena	6850	g	
Peso final frasco + cono + arena	2360	g	
Peso de la arena en el cono	1579	g	
Peso de la arena en el hueco	2911	g	
Calibración de la arena de Ottawa γsand	1.582	g/cm ³	
Volumen del hueco de la masa Vm	1840.08	cm ³	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente Número	22	54	-
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	80.64	76.64	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	69.19	66.42	g
Peso del agua (Ww)	11.45	10.22	g
Peso del recipiente (Wr)	31.95	30.60	g
Peso de la muestra seca (Ws)	37.24	35.82	g
Contenido de humedad (ω)	30.75	28.53	%
Promedio contenido de humedad (ω)	29.64		%
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
		Volúmenes	Masas
		Vv =	25.17
		Va =	13.72
		Vw =	11.45
		Vs =	13.52
		Vm =	38.68
		Wa =	0.00
		Ww =	11.45
		Ws =	35.82
		Wm =	47.27
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Densidad húmeda o Peso Volumétrico del suelo (γm)	1.222	g/cm ³	
Densidad seca (γd)	0.943	g/cm ³	
Contenido de humedad (ω)	29.64	%	
Relación de vacíos (e = Vv / Vs)	1.86	-	
Porosidad (n = Vv/Vm)	65.06	%	
Grado de saturación de agua (Gw = Vw/Vv)	45.50	%	
Grado de saturación de aire (Ga = Va/Vv)	54.50	%	

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 66: Ensayo densidad de campo, muestra 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE CAMPO			
Proyecto: "CORRELACION ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES INDICES Y MECANICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."			
Vía:	Santa Cecilia - Puenbo Chico	Capa Vegetal:	5 cm
ID Muestra:	P2	Profundidad:	100 cm
Norma:	AASHTO T191 2014	Coordenadas:	17 704724 9896845
DETERMINACIÓN DEL SUELO EXTRAÍDO			
Peso de la masa del suelo + recipiente		1850	g
Peso de recipiente (funda plastica)		1.5	g
Peso de la masa del suelo (Wm)		1848.5	g
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO			
Peso inicial frasco + cono + arena		7150	g
Peso final frasco + cono + arena		3200	g
Peso de la arena en el cono		1579	g
Peso de la arena en el hueco		2371	g
Calibración de la arena de Ottawa γ_{sand}		1.582	g/cm ³
Volumen del hueco de la masa Vm		1498.74	cm ³
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente Número		27	26 -
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)		79.67	84.69 g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)		59.42	61.39 g
Peso del agua (Ww)		20.25	23.30 g
Peso del recipiente (Wr)		25.20	23.02 g
Peso de la muestra seca (Ws)		34.22	38.37 g
Contenido de humedad (ω)		59.18	60.72 %
Promedio contenido de humedad (ω)		59.95	%
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
cm^3		g	
V_m	V_v	V_a	W_a
		V_w	W_w
		V_s	W_s
			W_m
			
		Volúmenes	Masas
		Vv = 33.05	
		Va = 12.80	Wa = 0.00
		Vw = 20.25	Ww = 20.25
		Vs = 14.48	Ws = 38.37
		Vm = 47.53	Wm = 58.62
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Densidad húmeda o Peso Volumétrico del suelo (γ_m)		1.233	g/cm ³
Densidad seca (γ_d)		0.771	g/cm ³
Contenido de humedad (ω)		59.95	%
Relación de vacíos ($e = V_v / V_s$)		2.28	-
Porosidad ($n = V_v / V_m$)		69.54	%
Grado de saturación de agua ($G_w = W_w / V_w$)		61.27	%
Grado de saturación de aire ($G_a = V_a / V_v$)		38.73	%

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 67: Ensayo densidad de campo, muestra 3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE CAMPO			
<p align="center">"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS Proyecto: SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."</p>					
Vía:	Santa Cecilia - Pumbo Chico	Capa Vegetal:	5	cm	
ID Muestra:	P3	Profundidad:	100	cm	
Norma:	AASHTO T191 2014	Coordenadas:	17	706349	9895808
DETERMINACIÓN DEL SUELO EXTRAÍDO					
Peso de la masa del suelo + recipiente		2063	g		
Peso de recipiente (funda plastica)		1.5	g		
Peso de la masa del suelo (Wm)		2059.5	g		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO					
Peso inicial frasco + cono + arena		7150	g		
Peso final frasco + cono + arena		2430	g		
Peso de la arena en el cono		1579	g		
Peso de la arena en el hueco		3141	g		
Calibración de la arena de Ottawa γsand		1.582	g/cm³		
Volumen del hueco de la masa Vm		1985.46	cm³		
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD					
Recipiente Número		12	12	-	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)		85.34	67.94	g	
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)		66.18	49.32	g	
Peso del agua (Ww)		19.16	18.62	g	
Peso del recipiente (Wr)		23.14	22.35	g	
Peso de la muestra seca (Ws)		43.04	26.97	g	
Contenido de humedad (ω)		44.52	69.04	%	
Promedio contenido de humedad (ω)		56.78		%	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
$ \begin{array}{c} \text{cm}^3 \\ \\ \text{Vm} \\ \\ \text{Vv} \\ \\ \begin{array}{l} \text{Va} \\ \text{Vw} \\ \text{Vs} \end{array} \end{array} \begin{array}{ c } \hline \text{Aire} \\ \hline \text{Agua} \\ \hline \text{Sólidos} \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} \text{g} \\ \\ \text{Wm} \\ \\ \text{Wa} \\ \text{Ww} \\ \text{Ws} \end{array} $		Volúmenes		Masas	
		Vv =	34.29		
		Va =	15.13	Wa =	0.00
		Vw =	19.16	Ww =	19.16
		Vs =	10.18	Ws =	26.97
		Vm =	44.47	Wm =	46.13
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO					
Densidad húmeda o Peso Volumétrico del suelo (γm)		1.037	g/cm³		
Densidad seca (γd)		0.662	g/cm³		
Contenido de humedad (ω)		56.78	%		
Relación de vacíos (e = Vv / Vs)		3.37	-		
Porosidad (n = Vv/Vm)		77.11	%		
Grado de saturación de agua (Gw = Vw/Vv)		55.87	%		
Grado de saturación de aire (Ga = Va/Vv)		44.13	%		

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 68: Ensayo densidad de campo, muestra 4

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE CAMPO			
<p align="center">"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS Proyecto: SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."</p>					
Vía:	La Esperanza - Tahualo	Capa Vegetal:	5	cm	
ID Muestra:	P1	Profundidad:	100	cm	
Norma:	AASHTO T191 2014	Coordenadas:	17	716356	9898770
DETERMINACIÓN DEL SUELO EXTRAÍDO					
Peso de la masa del suelo + recipiente		2650	g		
Peso de recipiente (funda plastica)		1.5	g		
Peso de la masa del suelo (Wm)		2648.5	g		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO					
Peso inicial frasco + cono + arena		7149	g		
Peso final frasco + cono + arena		3290	g		
Peso de la arena en el cono		1579	g		
Peso de la arena en el hueco		2280	g		
Calibración de la arena de Ottawa γ_{sand}		1.582	g/cm ³		
Volumen del hueco de la masa Vm		1441.21	cm ³		
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD					
Recipiente Número		64	89J	-	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)		77.28	110.59	g	
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)		66.49	92.94	g	
Peso del agua (Ww)		10.79	17.65	g	
Peso del recipiente (Wr)		30.74	31.78	g	
Peso de la muestra seca (Ws)		35.75	61.16	g	
Contenido de humedad (ω)		30.18	28.86	%	
Promedio contenido de humedad (ω)		29.52		%	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
$ \begin{array}{c} \text{cm}^3 \\ \\ \text{Vm} \\ \\ \text{Vv} \\ \\ \begin{array}{l} \text{Va} \\ \text{Vw} \\ \text{Vs} \end{array} \end{array} \begin{array}{ c } \hline \text{Aire} \\ \hline \text{Agua} \\ \hline \text{Sólidos} \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} \text{g} \\ \\ \text{Wm} \\ \\ \text{Wa} \\ \text{Ww} \\ \text{Ws} \end{array} $		Volúmenes		Masas	
		Vv =	16.07		
		Va =	5.28	Wa =	0.00
		Vw =	10.79	Ww =	10.79
		Vs =	23.08	Ws =	61.16
Vm =	39.15	Wm =	71.95		
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO					
Densidad húmeda o Peso Volumétrico del suelo (γ_m)		1.838	g/cm ³		
Densidad seca (γ_d)		1.419	g/cm ³		
Contenido de humedad (ω)		29.52	%		
Relación de vacíos ($e = Vv / Vs$)		0.70	-		
Porosidad ($n = Vv/Vm$)		41.05	%		
Grado de saturación de agua ($G_w = Vw/Vv$)		67.13	%		
Grado de saturación de aire ($G_a = Va/Vv$)		32.87	%		

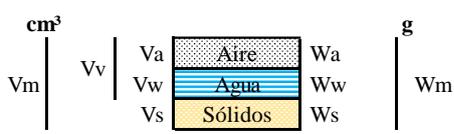
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 69: Ensayo densidad de campo, muestra 5

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE CAMPO				
<p align="center">"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS Proyecto: SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."</p>						
Vía:	La Esperanza - Tahualo	Capa Vegetal:	5	cm		
ID Muestra:	P2	Profundidad:	100	cm		
Norma:	AASHTO T191 2014	Coordenadas:	17	716830	9900219	
DETERMINACIÓN DEL SUELO EXTRAÍDO						
Peso de la masa del suelo + recipiente		1780	g			
Peso de recipiente (funda plastica)		1.5	g			
Peso de la masa del suelo (Wm)		1778.5	g			
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO						
Peso inicial frasco + cono + arena		7148	g			
Peso final frasco + cono + arena		3130	g			
Peso de la arena en el cono		1579	g			
Peso de la arena en el hueco		2439	g			
Calibración de la arena de Ottawa γ_{sand}		1.582	g/cm ³			
Volumen del hueco de la masa Vm		1541.72	cm ³			
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente Número		18	31	-		
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)		111.46	106.54	g		
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)		99.50	95.14	g		
Peso del agua (Ww)		11.96	11.40	g		
Peso del recipiente (Wr)		25.75	24.53	g		
Peso de la muestra seca (Ws)		73.75	70.61	g		
Contenido de humedad (ω)		16.22	16.15	%		
Promedio contenido de humedad (ω)		16.18		%		
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO						
		Volúmenes		Masas		
		Vv =	44.45			
		Va =	33.05	Wa =	0.00	
		Vw =	11.40	Ww =	11.40	
		Vs =	26.65	Ws =	70.61	
		Vm =	71.09	Wm =	82.01	
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO						
Densidad húmeda o Peso Volumétrico del suelo (γ_m)		1.154	g/cm ³			
Densidad seca (γ_d)		0.993	g/cm ³			
Contenido de humedad (ω)		16.18	%			
Relación de vacíos ($e = Vv / Vs$)		1.67	-			
Porosidad ($n = Vv/Vm$)		62.52	%			
Grado de saturación de agua ($G_w = Vw/Vv$)		25.65	%			
Grado de saturación de aire ($G_a = Va/Vv$)		74.35	%			

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 70: Ensayo densidad de campo, muestra 6

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE CAMPO				
<p align="center">"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECANICAS EN LOS Proyecto: SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."</p>						
Vía:	La Esperanza - Tahualo	Capa Vegetal:	5	cm		
ID Muestra:	P3	Profundidad:	100	cm		
Norma:	AASHTO T191 2014	Coordenadas:	17	718263	9901390	
DETERMINACIÓN DEL SUELO EXTRAÍDO						
Peso de la masa del suelo + recipiente		2222	g			
Peso de recipiente (funda plastica)		1.5	g			
Peso de la masa del suelo (Wm)		2220.5	g			
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO						
Peso inicial frasco + cono + arena		7148	g			
Peso final frasco + cono + arena		3215	g			
Peso de la arena en el cono		1579	g			
Peso de la arena en el hueco		2354	g			
Calibración de la arena de Ottawa γ_{sand}		1.582	g/cm ³			
Volumen del hueco de la masa Vm		1487.99	cm ³			
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente Número	7	6	-			
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	127.28	114.02	g			
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	103.40	110.20	g			
Peso del agua (Ww)	23.88	3.82	g			
Peso del recipiente (Wr)	31.70	30.80	g			
Peso de la muestra seca (Ws)	71.70	79.40	g			
Contenido de humedad (ω)	33.31	4.81	%			
Promedio contenido de humedad (ω)	19.06		%			
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO						
		Volúmenes		Masas		
		Vv =	25.80			
		Va =	21.98	Wa =	0.00	
		Vw =	3.82	Ww =	3.82	
		Vs =	29.96	Ws =	79.40	
		Vm =	55.77	Wm =	83.22	
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO						
Densidad húmeda o Peso Volumétrico del suelo (γ_m)		1.492	g/cm ³			
Densidad seca (γ_d)		1.253	g/cm ³			
Contenido de humedad (ω)		19.06	%			
Relación de vacíos ($e = V_v / V_s$)		0.86	-			
Porosidad ($n = V_v / V_m$)		46.27	%			
Grado de saturación de agua ($G_w = V_w / V_v$)		14.80	%			
Grado de saturación de aire ($G_a = V_a / V_v$)		85.20	%			

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 71: Ensayo densidad de campo, muestra 7

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE CAMPO			
Proyecto: “CORRELACION ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES INDICES Y MECANICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”			
Vía:	Tigua Casa Quemada - Sumirrumi	Capa Vegetal:	5 cm
ID Muestra:	PI	Profundidad:	100 cm
Norma:	AASHTO T191 2014	Coordenadas:	17 742060 9899384
DETERMINACIÓN DEL SUELO EXTRAÍDO			
Peso de la masa del suelo + recipiente		2639	g
Peso de recipiente (funda plastica)		1.5	g
Peso de la masa del suelo (Wm)		2637.5	g
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO			
Peso inicial frasco + cono + arena		7055	g
Peso final frasco + cono + arena		2310	g
Peso de la arena en el cono		1661	g
Peso de la arena en el hueco		3084	g
Calibración de la arena de Ottawa γ sand		1.582	g/cm ³
Volumen del hueco de la masa Vm		1949.43	cm ³
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
Recipiente Número		17	50 -
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)		120.70	128.21 g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)		107.38	116.58 g
Peso del agua (Ww)		13.32	11.63 g
Peso del recipiente (Wr)		30.51	31.05 g
Peso de la muestra seca (Ws)		76.87	85.53 g
Contenido de humedad (ω)		17.33	13.60 %
Promedio contenido de humedad (ω)		15.46	%
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO			
cm^3		Volúmenes	
V_m		$V_v = 40.79$	
V_v		$V_a = 27.47$	
V_w		$V_w = 13.32$	
V_s		$V_s = 32.28$	
V_m		$V_m = 73.06$	
g		Masas	
W_a		$W_a = 0.00$	
W_w		$W_w = 13.32$	
W_s		$W_s = 85.53$	
W_m		$W_m = 98.85$	
			
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			
Densidad húmeda o Peso Volumétrico del suelo (γ_m)		1.353	g/cm ³
Densidad seca (γ_d)		1.172	g/cm ³
Contenido de humedad (ω)		15.57	%
Relación de vacíos ($e = V_v / V_s$)		1.26	-
Porosidad ($n = V_v / V_m$)		55.82	%
Grado de saturación de agua ($G_w = W_w / V_v$)		32.66	%
Grado de saturación de aire ($G_a = V_a / V_v$)		67.34	%

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 72: Ensayo densidad de campo, muestra 8

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE CAMPO				
Proyecto: "CORRELACION ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES INDICES Y MECANICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."						
Vía:	Tigua Casa Quemada - Sumirrumi	Capa Vegetal:	5	cm		
ID Muestra:	P2	Profundidad:	100	cm		
Norma:	AASHTO T191 2014	Coordenadas:	17	740770	9899384	
DETERMINACIÓN DEL SUELO EXTRAÍDO						
Peso de la masa del suelo + recipiente			1910		g	
Peso de recipiente (funda plastica)			1.5		g	
Peso de la masa del suelo (Wm)			1908.5		g	
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO						
Peso inicial frasco + cono + arena			7050		g	
Peso final frasco + cono + arena			1834		g	
Peso de la arena en el cono			1661		g	
Peso de la arena en el hueco			3555		g	
Calibración de la arena de Ottawa ysand			1.582		g/cm³	
Volumen del hueco de la masa Vm			2247.16		cm³	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente Número		T12	20 corrector		-	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)		165.30	184.28		g	
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)		139.20	149.25		g	
Peso del agua (Ww)		26.10	35.03		g	
Peso del recipiente (Wr)		32.50	31.20		g	
Peso de la muestra seca (Ws)		106.70	118.05		g	
Contenido de humedad (ω)		24.46	29.67		%	
Promedio contenido de humedad (ω)			27.07		%	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO						
		Volúmenes		Masas		
		Vv =	125.18			
		Va =	99.08	Wa =	0.00	
		Vw =	26.10	Ww =	26.10	
		Vs =	44.55	Ws =	118.05	
		Vm =	169.73	Wm =	144.15	
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO						
Densidad húmeda o Peso Volumétrico del suelo (γm)			0.849		g/cm³	
Densidad seca (γd)			0.668		g/cm³	
Contenido de humedad (ω)			22.11		%	
Relación de vacíos (e = Vv / Vs)			2.81		-	
Porosidad (n = Vv/Vm)			73.75		%	
Grado de saturación de agua (Gw = Vw/Vv)			20.85		%	
Grado de saturación de aire (Ga = Va/Vv)			79.15		%	

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 74: Ensayo densidad de campo, muestra 10

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE CAMPO																											
Proyecto:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”																										
Vía:	Capilla de Guayama - Comuna Guangaje	Capa Vegetal:	5 cm																								
ID Muestra:	P1	Profundidad:	100 cm																								
Norma:	AASHTO T191 2014	Coordenadas:	17 741071 9904630																								
DETERMINACIÓN DEL SUELO EXTRAÍDO																											
Peso de la masa del suelo + recipiente	1466	g																									
Peso de recipiente (funda plastica)	1.5	g																									
Peso de la masa del suelo (Wm)	1464.5	g																									
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO																											
Peso inicial frasco + cono + arena	7050	g																									
Peso final frasco + cono + arena	2001	g																									
Peso de la arena en el cono	1661	g																									
Peso de la arena en el hueco	3388	g																									
Calibración de la arena de Ottawa ysand	1.582	g/cm ³																									
Volumen del hueco de la masa Vm	2141.59	cm ³																									
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD																											
Recipiente Número	c12	c14	-																								
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	160.72	133.95	g																								
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	135.88	118.14	g																								
Peso del agua (Ww)	24.84	15.81	g																								
Peso del recipiente (Wr)	29.12	33.13	g																								
Peso de la muestra seca (Ws)	106.76	85.01	g																								
Contenido de humedad (ω)	23.27	18.60	%																								
Promedio contenido de humedad (ω)	20.93		%																								
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO																											
cm^3		g																									
Vm	Vv	Va	Wa																								
Vw	Vw	Ww	Ww																								
Vs	Vs	Ws	Ws																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Volúmenes</th> <th colspan="2">Masas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vv =</td> <td>152.16</td> <td>Wa =</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Va =</td> <td>127.32</td> <td>Ww =</td> <td>24.84</td> </tr> <tr> <td>Vw =</td> <td>24.84</td> <td>Ws =</td> <td>106.76</td> </tr> <tr> <td>Vs =</td> <td>40.29</td> <td>Wm =</td> <td>131.60</td> </tr> <tr> <td>Vm =</td> <td>192.44</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Volúmenes		Masas		Vv =	152.16	Wa =	0.00	Va =	127.32	Ww =	24.84	Vw =	24.84	Ws =	106.76	Vs =	40.29	Wm =	131.60	Vm =	192.44		
Volúmenes		Masas																									
Vv =	152.16	Wa =	0.00																								
Va =	127.32	Ww =	24.84																								
Vw =	24.84	Ws =	106.76																								
Vs =	40.29	Wm =	131.60																								
Vm =	192.44																										
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO																											
Densidad húmeda o Peso Volumétrico del suelo (γm)	0.684	g/cm ³																									
Densidad seca (γd)	0.565	g/cm ³																									
Contenido de humedad (ω)	23.27	%																									
Relación de vacíos (e = Vv / Vs)	3.78	-																									
Porosidad (n = Vv/Vm)	79.07	%																									
Grado de saturación de agua (Gw = Vw/Vv)	16.33	%																									
Grado de saturación de aire (Ga = Va/Vv)	83.67	%																									

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 75: Ensayo densidad de campo, muestra 11

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE CAMPO				
Proyecto: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”						
Vía:	Capilla de Guayama - Comuna Guangaje	Capa Vegetal:	5	cm		
ID Muestra:	P2	Profundidad:	100	cm		
Norma:	AASHTO T191 2014	Coordenadas:	17	741648	9905074	
DETERMINACIÓN DEL SUELO EXTRAÍDO						
Peso de la masa del suelo + recipiente		2560	g			
Peso de recipiente (funda plastica)		1.5	g			
Peso de la masa del suelo (Wm)		2558.5	g			
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO						
Peso inicial frasco + cono + arena		7050	g			
Peso final frasco + cono + arena		1460	g			
Peso de la arena en el cono		1661	g			
Peso de la arena en el hueco		3929	g			
Calibración de la arena de Ottawa ysand		1.582	g/cm ³			
Volumen del hueco de la masa Vm		2483.57	cm ³			
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente Número		14t	J12	-		
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)		195.20	180.25	g		
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)		173.10	178.80	g		
Peso del agua (Ww)		22.10	1.45	g		
Peso del recipiente (Wr)		31.97	32.47	g		
Peso de la muestra seca (Ws)		141.13	146.33	g		
Contenido de humedad (ω)		15.66	0.99	%		
Promedio contenido de humedad (ω)		8.33		%		
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO						
$V_m \left \begin{array}{l} V_v \\ \left \begin{array}{l} V_a \\ \left \begin{array}{l} \text{Aire} \\ \text{Agua} \\ \text{Sólidos} \end{array} \right. \right. \\ V_w \\ \left \begin{array}{l} W_a \\ W_w \\ W_s \end{array} \right. \end{array} \right. \right. \quad W_m$		Volúmenes		Masas		
		Vv =	88.23			
		Va =	86.78	Wa =	0.00	
		Vw =	1.45	Ww =	1.45	
		Vs =	55.22	Ws =	146.33	
Vm =	143.45	Wm =	147.78			
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO						
Densidad húmeda o Peso Volumétrico del suelo (γm)		1.030	g/cm ³			
Densidad seca (γd)		0.951	g/cm ³			
Contenido de humedad (ω)		0.99	%			
Relación de vacíos (e = Vv / Vs)		1.60	-			
Porosidad (n = Vv/Vm)		61.51	%			
Grado de saturación de agua (Gw = Vw/Vv)		1.64	%			
Grado de saturación de aire (Ga = Va/Vv)		98.36	%			

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 76: Ensayo densidad de campo, muestra 12

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE CAMPO				
Proyecto:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."					
Vía:	Capilla de Guayama - Comuna Guangaje	Capa Vegetal:	5	cm		
ID Muestra:	P3	Profundidad:	100	cm		
Norma:	AASHTO T191 2014	Coordenadas:	17	741880	9906220	
DETERMINACIÓN DEL SUELO EXTRAÍDO						
Peso de la masa del suelo + recipiente		2107	g			
Peso de recipiente (funda plastica)		1.5	g			
Peso de la masa del suelo (Wm)		2105.5	g			
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO						
Peso inicial frasco + cono + arena		7050	g			
Peso final frasco + cono + arena		2987	g			
Peso de la arena en el cono		1661	g			
Peso de la arena en el hueco		2402	g			
Calibración de la arena de Ottawa ysand		1.582	g/cm ³			
Volumen del hueco de la masa Vm		1518.33	cm ³			
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente Número		102	46	-		
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)		193.57	196.72	g		
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)		169.20	171.47	g		
Peso del agua (Ww)		24.37	25.25	g		
Peso del recipiente (Wr)		41.25	35.24	g		
Peso de la muestra seca (Ws)		127.95	136.23	g		
Contenido de humedad (ω)		19.05	18.53	%		
Promedio contenido de humedad (ω)		18.79		%		
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO						
$ \begin{array}{c} \text{cm}^3 \\ \left \begin{array}{l} V_m \\ \left \begin{array}{l} V_v \\ \left \begin{array}{l} V_a \\ \left \begin{array}{l} V_w \\ \left \begin{array}{l} V_s \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right. \\ \left \begin{array}{l} W_a \\ \left \begin{array}{l} W_w \\ \left \begin{array}{l} W_s \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right. \\ \left \begin{array}{l} W_m \end{array} \right. \end{array} $		Volúmenes		Masas		
		Vv =	65.04			
		Va =	39.79	Wa =	0.00	
		Vw =	25.25	Ww =	25.25	
		Vs =	51.41	Ws =	136.23	
Vm =	116.45	Wm =	161.48			
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO						
Densidad húmeda o Peso Volumétrico del suelo (γm)		1.387	g/cm ³			
Densidad seca (γd)		1.167	g/cm ³			
Contenido de humedad (ω)		18.53	%			
Relación de vacíos (e = Vv / Vs)		1.27	-			
Porosidad (n = Vv/Vm)		55.85	%			
Grado de saturación de agua (Gw = Vw/Vv)		38.82	%			
Grado de saturación de aire (Ga = Va/Vv)		61.18	%			

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Contenido de humedad natural

Tabla 77: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL 																																	
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."																																	
Vía:	Santa Cecilia - Puenbo Chico																																
ID Muestra:	P1																																
Norma:	AASHTO T265 2015																																
Capa Vegetal:	5 cm																																
Profundidad:	100 cm																																
Coordenadas:	17 703482 9897856																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Recipiente Número</th> <th style="width: 25%;">22</th> <th style="width: 25%;">54</th> <th style="width: 10%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)</td> <td>98.64</td> <td>76.64</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)</td> <td>69.19</td> <td>66.42</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua (Ww)</td> <td>29.45</td> <td>10.22</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (Wr)</td> <td>31.95</td> <td>30.60</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca (Ws)</td> <td>37.24</td> <td>35.82</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (ω)</td> <td>79.08</td> <td>28.53</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Promedio contenido de humedad (ω)</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">53.81</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>		Recipiente Número	22	54		Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	98.64	76.64	g	Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	69.19	66.42	g	Peso del agua (Ww)	29.45	10.22	g	Peso del recipiente (Wr)	31.95	30.60	g	Peso de la muestra seca (Ws)	37.24	35.82	g	Contenido de humedad (ω)	79.08	28.53	%	Promedio contenido de humedad (ω)	53.81		%
Recipiente Número	22	54																															
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	98.64	76.64	g																														
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	69.19	66.42	g																														
Peso del agua (Ww)	29.45	10.22	g																														
Peso del recipiente (Wr)	31.95	30.60	g																														
Peso de la muestra seca (Ws)	37.24	35.82	g																														
Contenido de humedad (ω)	79.08	28.53	%																														
Promedio contenido de humedad (ω)	53.81		%																														

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 78: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL 																																	
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."																																	
Vía:	Santa Cecilia - Puenbo Chico																																
ID Muestra:	P2																																
Norma:	AASHTO T265 2015																																
Capa Vegetal:	5 cm																																
Profundidad:	100 cm																																
Coordenadas:	17 704724 9896845																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Recipiente Número</th> <th style="width: 25%;">27</th> <th style="width: 25%;">26</th> <th style="width: 10%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)</td> <td>79.67</td> <td>84.69</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)</td> <td>59.42</td> <td>61.39</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua (Ww)</td> <td>20.25</td> <td>23.30</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (Wr)</td> <td>25.20</td> <td>23.02</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca (Ws)</td> <td>34.22</td> <td>38.37</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (ω)</td> <td>59.18</td> <td>60.72</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Promedio contenido de humedad (ω)</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">59.95</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>		Recipiente Número	27	26		Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	79.67	84.69	g	Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	59.42	61.39	g	Peso del agua (Ww)	20.25	23.30	g	Peso del recipiente (Wr)	25.20	23.02	g	Peso de la muestra seca (Ws)	34.22	38.37	g	Contenido de humedad (ω)	59.18	60.72	%	Promedio contenido de humedad (ω)	59.95		%
Recipiente Número	27	26																															
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	79.67	84.69	g																														
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	59.42	61.39	g																														
Peso del agua (Ww)	20.25	23.30	g																														
Peso del recipiente (Wr)	25.20	23.02	g																														
Peso de la muestra seca (Ws)	34.22	38.37	g																														
Contenido de humedad (ω)	59.18	60.72	%																														
Promedio contenido de humedad (ω)	59.95		%																														

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 79: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL																																			
Proyecto:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."																																				
Vía:	Santa Cecilia - Puembo Chico	Capa Vegetal:	5	cm																																	
ID Muestra:	P3	Profundidad:	100	cm																																	
Norma:	AASHTO T265 2015	Coordenadas:	17	706349	9895808																																
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Recipiente Número</td> <td>12</td> <td>87i</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)</td> <td>85.34</td> <td>67.94</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)</td> <td>66.18</td> <td>49.32</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua (Ww)</td> <td>19.16</td> <td>18.62</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (Wr)</td> <td>23.14</td> <td>22.35</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca (Ws)</td> <td>43.04</td> <td>26.97</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (ω)</td> <td>44.52</td> <td>69.04</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Promedio contenido de humedad (ω)</td> <td colspan="2">56.78</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>						Recipiente Número	12	87i		Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	85.34	67.94	g	Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	66.18	49.32	g	Peso del agua (Ww)	19.16	18.62	g	Peso del recipiente (Wr)	23.14	22.35	g	Peso de la muestra seca (Ws)	43.04	26.97	g	Contenido de humedad (ω)	44.52	69.04	%	Promedio contenido de humedad (ω)	56.78		%
Recipiente Número	12	87i																																			
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	85.34	67.94	g																																		
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	66.18	49.32	g																																		
Peso del agua (Ww)	19.16	18.62	g																																		
Peso del recipiente (Wr)	23.14	22.35	g																																		
Peso de la muestra seca (Ws)	43.04	26.97	g																																		
Contenido de humedad (ω)	44.52	69.04	%																																		
Promedio contenido de humedad (ω)	56.78		%																																		

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 80: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 4

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL																																			
Proyecto:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."																																				
Vía:	La Esperanza - Tahualo	Capa Vegetal:	5	cm																																	
ID Muestra:	P1	Profundidad:	100	cm																																	
Norma:	AASHTO T265 2015	Coordenadas:	17	716356	9898770																																
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Recipiente Número</td> <td>64</td> <td>89J</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)</td> <td>77.28</td> <td>110.59</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)</td> <td>66.49</td> <td>92.94</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua (Ww)</td> <td>10.79</td> <td>17.65</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (Wr)</td> <td>30.74</td> <td>31.78</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca (Ws)</td> <td>35.75</td> <td>61.16</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (ω)</td> <td>30.18</td> <td>28.86</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Promedio contenido de humedad (ω)</td> <td colspan="2">29.52</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>						Recipiente Número	64	89J		Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	77.28	110.59	g	Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	66.49	92.94	g	Peso del agua (Ww)	10.79	17.65	g	Peso del recipiente (Wr)	30.74	31.78	g	Peso de la muestra seca (Ws)	35.75	61.16	g	Contenido de humedad (ω)	30.18	28.86	%	Promedio contenido de humedad (ω)	29.52		%
Recipiente Número	64	89J																																			
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	77.28	110.59	g																																		
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	66.49	92.94	g																																		
Peso del agua (Ww)	10.79	17.65	g																																		
Peso del recipiente (Wr)	30.74	31.78	g																																		
Peso de la muestra seca (Ws)	35.75	61.16	g																																		
Contenido de humedad (ω)	30.18	28.86	%																																		
Promedio contenido de humedad (ω)	29.52		%																																		

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 81: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL																																			
Proyecto:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."																																		
Vía:	La Esperanza - Tahualo	Capa Vegetal:	5 cm																																
ID Muestra:	P2	Profundidad:	100 cm																																
Norma:	AASHTO T265 2015	Coordenadas:	17 716830 9900219																																
<table border="1"> <tr> <td>Recipiente Número</td> <td>18</td> <td>31</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)</td> <td>111.46</td> <td>106.54</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)</td> <td>99.50</td> <td>95.14</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua (Ww)</td> <td>11.96</td> <td>11.40</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (Wr)</td> <td>25.75</td> <td>24.53</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca (Ws)</td> <td>73.75</td> <td>70.61</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (ω)</td> <td>16.22</td> <td>16.15</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Promedio contenido de humedad (ω)</td> <td colspan="2">16.18</td> <td>%</td> </tr> </table>				Recipiente Número	18	31		Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	111.46	106.54	g	Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	99.50	95.14	g	Peso del agua (Ww)	11.96	11.40	g	Peso del recipiente (Wr)	25.75	24.53	g	Peso de la muestra seca (Ws)	73.75	70.61	g	Contenido de humedad (ω)	16.22	16.15	%	Promedio contenido de humedad (ω)	16.18		%
Recipiente Número	18	31																																	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	111.46	106.54	g																																
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	99.50	95.14	g																																
Peso del agua (Ww)	11.96	11.40	g																																
Peso del recipiente (Wr)	25.75	24.53	g																																
Peso de la muestra seca (Ws)	73.75	70.61	g																																
Contenido de humedad (ω)	16.22	16.15	%																																
Promedio contenido de humedad (ω)	16.18		%																																

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 82: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 6

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL																																			
Proyecto:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."																																		
Vía:	La Esperanza - Tahualo	Capa Vegetal:	5 cm																																
ID Muestra:	P3	Profundidad:	100 cm																																
Norma:	AASHTO T265 2015	Coordenadas:	17 718263 9901390																																
<table border="1"> <tr> <td>Recipiente Número</td> <td>7</td> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)</td> <td>127.28</td> <td>114.02</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)</td> <td>103.40</td> <td>110.20</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua (Ww)</td> <td>23.88</td> <td>3.82</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (Wr)</td> <td>31.70</td> <td>30.80</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca (Ws)</td> <td>71.70</td> <td>79.40</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (ω)</td> <td>33.31</td> <td>4.81</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Promedio contenido de humedad (ω)</td> <td colspan="2">19.06</td> <td>%</td> </tr> </table>				Recipiente Número	7	6		Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	127.28	114.02	g	Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	103.40	110.20	g	Peso del agua (Ww)	23.88	3.82	g	Peso del recipiente (Wr)	31.70	30.80	g	Peso de la muestra seca (Ws)	71.70	79.40	g	Contenido de humedad (ω)	33.31	4.81	%	Promedio contenido de humedad (ω)	19.06		%
Recipiente Número	7	6																																	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	127.28	114.02	g																																
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	103.40	110.20	g																																
Peso del agua (Ww)	23.88	3.82	g																																
Peso del recipiente (Wr)	31.70	30.80	g																																
Peso de la muestra seca (Ws)	71.70	79.40	g																																
Contenido de humedad (ω)	33.31	4.81	%																																
Promedio contenido de humedad (ω)	19.06		%																																

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 83: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 7

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL																																			
Proyecto:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."																																				
Vía:	Tigua Casa Quemada - Sumirrumi	Capa Vegetal:	5	cm																																	
ID Muestra:	P1	Profundidad:	100	cm																																	
Norma:	AASHTO T265 2015	Coordenadas:	17	742060	9899384																																
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Recipiente Número</td> <td>17</td> <td>50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)</td> <td>120.70</td> <td>128.21</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)</td> <td>107.38</td> <td>116.58</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua (Ww)</td> <td>13.32</td> <td>11.63</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (Wr)</td> <td>30.51</td> <td>31.05</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca (Ws)</td> <td>76.87</td> <td>85.53</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (ω)</td> <td>17.33</td> <td>13.60</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Promedio contenido de humedad (ω)</td> <td colspan="2">15.46</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>						Recipiente Número	17	50		Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	120.70	128.21	g	Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	107.38	116.58	g	Peso del agua (Ww)	13.32	11.63	g	Peso del recipiente (Wr)	30.51	31.05	g	Peso de la muestra seca (Ws)	76.87	85.53	g	Contenido de humedad (ω)	17.33	13.60	%	Promedio contenido de humedad (ω)	15.46		%
Recipiente Número	17	50																																			
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	120.70	128.21	g																																		
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	107.38	116.58	g																																		
Peso del agua (Ww)	13.32	11.63	g																																		
Peso del recipiente (Wr)	30.51	31.05	g																																		
Peso de la muestra seca (Ws)	76.87	85.53	g																																		
Contenido de humedad (ω)	17.33	13.60	%																																		
Promedio contenido de humedad (ω)	15.46		%																																		

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 84: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 8

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL																																			
Proyecto:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."																																				
Vía:	Tigua Casa Quemada - Sumirrumi	Capa Vegetal:	5	cm																																	
ID Muestra:	P2	Profundidad:	100	cm																																	
Norma:	AASHTO T265 2015	Coordenadas:	17	740770	9899384																																
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Recipiente Número</td> <td>T12</td> <td>20 corrector</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)</td> <td>165.30</td> <td>184.28</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)</td> <td>139.20</td> <td>149.25</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua (Ww)</td> <td>26.10</td> <td>35.03</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (Wr)</td> <td>32.50</td> <td>31.20</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca (Ws)</td> <td>106.70</td> <td>118.05</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (ω)</td> <td>24.46</td> <td>29.67</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Promedio contenido de humedad (ω)</td> <td colspan="2">27.07</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>						Recipiente Número	T12	20 corrector		Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	165.30	184.28	g	Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	139.20	149.25	g	Peso del agua (Ww)	26.10	35.03	g	Peso del recipiente (Wr)	32.50	31.20	g	Peso de la muestra seca (Ws)	106.70	118.05	g	Contenido de humedad (ω)	24.46	29.67	%	Promedio contenido de humedad (ω)	27.07		%
Recipiente Número	T12	20 corrector																																			
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	165.30	184.28	g																																		
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	139.20	149.25	g																																		
Peso del agua (Ww)	26.10	35.03	g																																		
Peso del recipiente (Wr)	32.50	31.20	g																																		
Peso de la muestra seca (Ws)	106.70	118.05	g																																		
Contenido de humedad (ω)	24.46	29.67	%																																		
Promedio contenido de humedad (ω)	27.07		%																																		

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 85: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 9

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL																																			
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."																																					
Vía:	Tigua Casa Quemada - Sumirrumi		Capa Vegetal:	5	cm																																
ID Muestra:	P3		Profundidad:	100	cm																																
Norma:	AASHTO T265 2015		Coordenadas:	17	738745 9900053																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Recipiente Número</th> <th>L12</th> <th>M14</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)</td> <td>135.20</td> <td>100.57</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)</td> <td>112.25</td> <td>88.11</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua (Ww)</td> <td>22.95</td> <td>12.46</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (Wr)</td> <td>20.76</td> <td>34.61</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca (Ws)</td> <td>91.49</td> <td>53.50</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (ω)</td> <td>25.08</td> <td>23.29</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Promedio contenido de humedad (ω)</td> <td colspan="2">24.19</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>						Recipiente Número	L12	M14		Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	135.20	100.57	g	Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	112.25	88.11	g	Peso del agua (Ww)	22.95	12.46	g	Peso del recipiente (Wr)	20.76	34.61	g	Peso de la muestra seca (Ws)	91.49	53.50	g	Contenido de humedad (ω)	25.08	23.29	%	Promedio contenido de humedad (ω)	24.19		%
Recipiente Número	L12	M14																																			
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	135.20	100.57	g																																		
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	112.25	88.11	g																																		
Peso del agua (Ww)	22.95	12.46	g																																		
Peso del recipiente (Wr)	20.76	34.61	g																																		
Peso de la muestra seca (Ws)	91.49	53.50	g																																		
Contenido de humedad (ω)	25.08	23.29	%																																		
Promedio contenido de humedad (ω)	24.19		%																																		

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 86: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 10

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL																																			
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."																																					
Vía:	Capilla de Guayama - Comuna Guangaje		Capa Vegetal:	5	cm																																
ID Muestra:	P1		Profundidad:	100	cm																																
Norma:	AASHTO T265 2015		Coordenadas:	17	741071 9904630																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Recipiente Número</th> <th>c12</th> <th>c14</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)</td> <td>160.72</td> <td>133.95</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)</td> <td>135.88</td> <td>118.14</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua (Ww)</td> <td>24.84</td> <td>15.81</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (Wr)</td> <td>29.12</td> <td>33.13</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca (Ws)</td> <td>106.76</td> <td>85.01</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (ω)</td> <td>23.27</td> <td>18.60</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Promedio contenido de humedad (ω)</td> <td colspan="2">20.93</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>						Recipiente Número	c12	c14		Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	160.72	133.95	g	Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	135.88	118.14	g	Peso del agua (Ww)	24.84	15.81	g	Peso del recipiente (Wr)	29.12	33.13	g	Peso de la muestra seca (Ws)	106.76	85.01	g	Contenido de humedad (ω)	23.27	18.60	%	Promedio contenido de humedad (ω)	20.93		%
Recipiente Número	c12	c14																																			
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	160.72	133.95	g																																		
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	135.88	118.14	g																																		
Peso del agua (Ww)	24.84	15.81	g																																		
Peso del recipiente (Wr)	29.12	33.13	g																																		
Peso de la muestra seca (Ws)	106.76	85.01	g																																		
Contenido de humedad (ω)	23.27	18.60	%																																		
Promedio contenido de humedad (ω)	20.93		%																																		

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 87: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 11

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL																																			
Proyecto: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”																																			
Vía:	Capilla de Guayama - Comuna Guangaje	Capa Vegetal:	5 cm																																
ID Muestra:	P2	Profundidad:	100 cm																																
Norma:	AASHTO T265 2015	Coordenadas:	17 741648 9905074																																
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Recipiente Número</td> <td>14t</td> <td>J12</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)</td> <td>195.20</td> <td>180.25</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)</td> <td>173.10</td> <td>162.25</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua (Ww)</td> <td>22.10</td> <td>18.00</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (Wr)</td> <td>31.97</td> <td>32.47</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca (Ws)</td> <td>141.13</td> <td>129.78</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (ω)</td> <td>15.66</td> <td>13.87</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Promedio contenido de humedad (ω)</td> <td colspan="2">14.76</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>				Recipiente Número	14t	J12		Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	195.20	180.25	g	Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	173.10	162.25	g	Peso del agua (Ww)	22.10	18.00	g	Peso del recipiente (Wr)	31.97	32.47	g	Peso de la muestra seca (Ws)	141.13	129.78	g	Contenido de humedad (ω)	15.66	13.87	%	Promedio contenido de humedad (ω)	14.76		%
Recipiente Número	14t	J12																																	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	195.20	180.25	g																																
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	173.10	162.25	g																																
Peso del agua (Ww)	22.10	18.00	g																																
Peso del recipiente (Wr)	31.97	32.47	g																																
Peso de la muestra seca (Ws)	141.13	129.78	g																																
Contenido de humedad (ω)	15.66	13.87	%																																
Promedio contenido de humedad (ω)	14.76		%																																

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

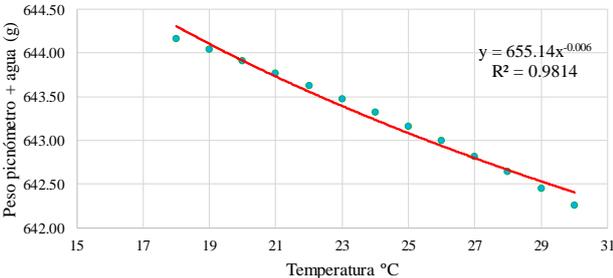
Tabla 88: Ensayo contenido de humedad natural, muestra 12

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL																																			
Proyecto: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”																																			
Vía:	Capilla de Guayama - Comuna Guangaje	Capa Vegetal:	5 cm																																
ID Muestra:	P3	Profundidad:	100 cm																																
Norma:	AASHTO T265 2015	Coordenadas:	17 741880 9906220																																
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Recipiente Número</td> <td>102</td> <td>46</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)</td> <td>193.57</td> <td>196.72</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)</td> <td>169.20</td> <td>171.47</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua (Ww)</td> <td>24.37</td> <td>25.25</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (Wr)</td> <td>41.25</td> <td>35.24</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca (Ws)</td> <td>127.95</td> <td>136.23</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (ω)</td> <td>19.05</td> <td>18.53</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Promedio contenido de humedad (ω)</td> <td colspan="2">18.79</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>				Recipiente Número	102	46		Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	193.57	196.72	g	Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	169.20	171.47	g	Peso del agua (Ww)	24.37	25.25	g	Peso del recipiente (Wr)	41.25	35.24	g	Peso de la muestra seca (Ws)	127.95	136.23	g	Contenido de humedad (ω)	19.05	18.53	%	Promedio contenido de humedad (ω)	18.79		%
Recipiente Número	102	46																																	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	193.57	196.72	g																																
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	169.20	171.47	g																																
Peso del agua (Ww)	24.37	25.25	g																																
Peso del recipiente (Wr)	41.25	35.24	g																																
Peso de la muestra seca (Ws)	127.95	136.23	g																																
Contenido de humedad (ω)	19.05	18.53	%																																
Promedio contenido de humedad (ω)	18.79		%																																

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

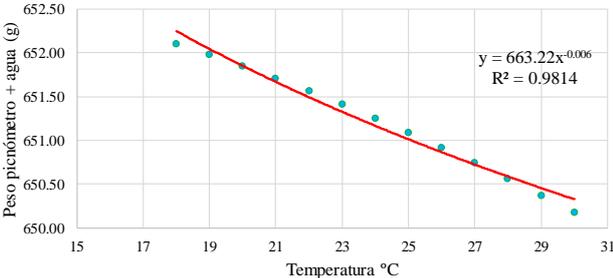
Gravedad específica

Tabla 89: Ensayo gravedad específica, muestra 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA																																				
Proyecto: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”																																				
Vía:	Santa Cecilia - Puenbo Chico	Capa Vegetal:	5 cm																																	
ID Muestra:	P1	Profundidad:	100 cm																																	
Norma:	AASHTO T100 2015	Coordenadas:	17 703482 9897856																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Recipiente Número</td><td style="text-align: center;">8</td><td></td></tr> <tr><td>Temperatura del agua + suelo</td><td style="text-align: center;">21.00</td><td style="text-align: center;">°C</td></tr> <tr><td>Peso del recipiente + suelo seco</td><td style="text-align: center;">180.79</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Peso del recipiente (Wr)</td><td style="text-align: center;">132.54</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo seco (Ws)</td><td style="text-align: center;">48.25</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Peso picnómetro + agua (Wbw)</td><td style="text-align: center;">643.91</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)</td><td style="text-align: center;">692.16</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)</td><td style="text-align: center;">674.07</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Desplazamiento de agua (Dw)</td><td style="text-align: center;">18.09</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Factor de corrección por temperatura (K)</td><td style="text-align: center;">0.99979</td><td></td></tr> <tr><td>Gravedad específica (Gs)</td><td style="text-align: center;">2.667</td><td></td></tr> </table>				Recipiente Número	8		Temperatura del agua + suelo	21.00	°C	Peso del recipiente + suelo seco	180.79	g	Peso del recipiente (Wr)	132.54	g	Peso del suelo seco (Ws)	48.25	g	Peso picnómetro + agua (Wbw)	643.91	g	Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	692.16	g	Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	674.07	g	Desplazamiento de agua (Dw)	18.09	g	Factor de corrección por temperatura (K)	0.99979		Gravedad específica (Gs)	2.667	
Recipiente Número	8																																			
Temperatura del agua + suelo	21.00	°C																																		
Peso del recipiente + suelo seco	180.79	g																																		
Peso del recipiente (Wr)	132.54	g																																		
Peso del suelo seco (Ws)	48.25	g																																		
Peso picnómetro + agua (Wbw)	643.91	g																																		
Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	692.16	g																																		
Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	674.07	g																																		
Desplazamiento de agua (Dw)	18.09	g																																		
Factor de corrección por temperatura (K)	0.99979																																			
Gravedad específica (Gs)	2.667																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Calibración del Picnómetro</th></tr> <tr><th style="text-align: center;">Temperatura °C</th><th style="text-align: center;">Masa (g)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">18</td><td style="text-align: center;">644.16</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">19</td><td style="text-align: center;">644.04</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">20</td><td style="text-align: center;">643.91</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">21</td><td style="text-align: center;">643.77</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">22</td><td style="text-align: center;">643.63</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">23</td><td style="text-align: center;">643.48</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">24</td><td style="text-align: center;">643.32</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">25</td><td style="text-align: center;">643.16</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">26</td><td style="text-align: center;">643.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">27</td><td style="text-align: center;">642.82</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">28</td><td style="text-align: center;">642.64</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">29</td><td style="text-align: center;">642.45</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">30</td><td style="text-align: center;">642.26</td></tr> </tbody> </table>				Calibración del Picnómetro		Temperatura °C	Masa (g)	18	644.16	19	644.04	20	643.91	21	643.77	22	643.63	23	643.48	24	643.32	25	643.16	26	643.00	27	642.82	28	642.64	29	642.45	30	642.26			
Calibración del Picnómetro																																				
Temperatura °C	Masa (g)																																			
18	644.16																																			
19	644.04																																			
20	643.91																																			
21	643.77																																			
22	643.63																																			
23	643.48																																			
24	643.32																																			
25	643.16																																			
26	643.00																																			
27	642.82																																			
28	642.64																																			
29	642.45																																			
30	642.26																																			
<p>CURVA DE CALIBRACIÓN DE PICNÓMETRO</p> 																																				

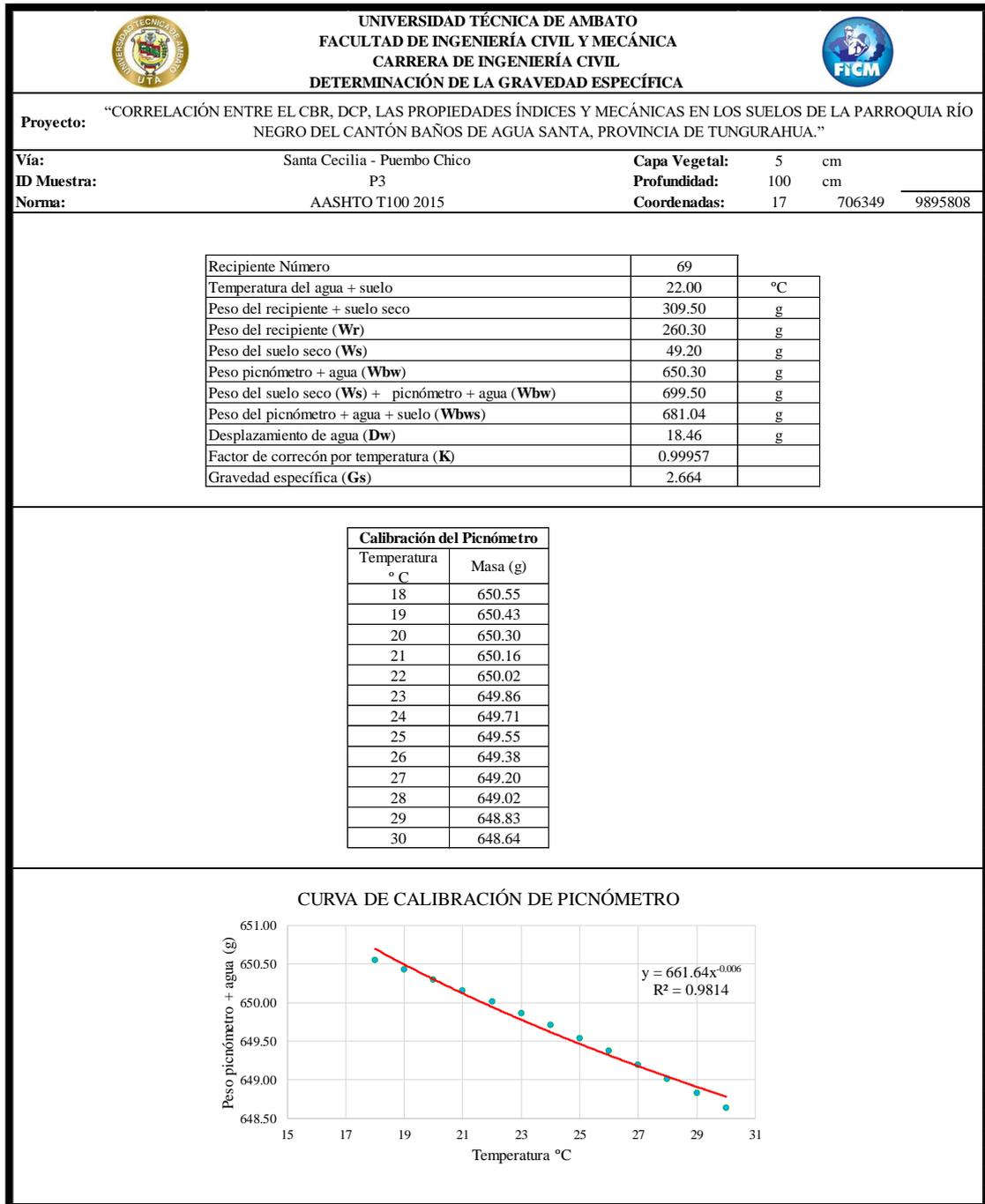
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 90: Ensayo gravedad específica, muestra 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA																																				
Proyecto: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”																																				
Vía:	Santa Cecilia - Puenbo Chico	Capa Vegetal:	5 cm																																	
ID Muestra:	P2	Profundidad:	100 cm																																	
Norma:	AASHTO T100 2015	Coordenadas:	17 704724 704724																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Recipiente Número</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura del agua + suelo</td> <td style="text-align: center;">21.00</td> <td style="text-align: center;">°C</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + suelo seco</td> <td style="text-align: center;">181.09</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (Wr)</td> <td style="text-align: center;">131.66</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (Ws)</td> <td style="text-align: center;">49.43</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro + agua (Wbw)</td> <td style="text-align: center;">651.85</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)</td> <td style="text-align: center;">701.28</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)</td> <td style="text-align: center;">682.76</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Desplazamiento de agua (Dw)</td> <td style="text-align: center;">18.52</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Factor de corrección por temperatura (K)</td> <td style="text-align: center;">0.99979</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica (Gs)</td> <td style="text-align: center;">2.668</td> <td></td> </tr> </table>				Recipiente Número	6		Temperatura del agua + suelo	21.00	°C	Peso del recipiente + suelo seco	181.09	g	Peso del recipiente (Wr)	131.66	g	Peso del suelo seco (Ws)	49.43	g	Peso picnómetro + agua (Wbw)	651.85	g	Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	701.28	g	Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	682.76	g	Desplazamiento de agua (Dw)	18.52	g	Factor de corrección por temperatura (K)	0.99979		Gravedad específica (Gs)	2.668	
Recipiente Número	6																																			
Temperatura del agua + suelo	21.00	°C																																		
Peso del recipiente + suelo seco	181.09	g																																		
Peso del recipiente (Wr)	131.66	g																																		
Peso del suelo seco (Ws)	49.43	g																																		
Peso picnómetro + agua (Wbw)	651.85	g																																		
Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	701.28	g																																		
Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	682.76	g																																		
Desplazamiento de agua (Dw)	18.52	g																																		
Factor de corrección por temperatura (K)	0.99979																																			
Gravedad específica (Gs)	2.668																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Calibración del Picnómetro</th> </tr> <tr> <th>Temperatura °C</th> <th>Masa (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>18</td><td>652.10</td></tr> <tr><td>19</td><td>651.98</td></tr> <tr><td>20</td><td>651.85</td></tr> <tr><td>21</td><td>651.71</td></tr> <tr><td>22</td><td>651.57</td></tr> <tr><td>23</td><td>651.41</td></tr> <tr><td>24</td><td>651.26</td></tr> <tr><td>25</td><td>651.09</td></tr> <tr><td>26</td><td>650.92</td></tr> <tr><td>27</td><td>650.75</td></tr> <tr><td>28</td><td>650.57</td></tr> <tr><td>29</td><td>650.38</td></tr> <tr><td>30</td><td>650.18</td></tr> </tbody> </table>				Calibración del Picnómetro		Temperatura °C	Masa (g)	18	652.10	19	651.98	20	651.85	21	651.71	22	651.57	23	651.41	24	651.26	25	651.09	26	650.92	27	650.75	28	650.57	29	650.38	30	650.18			
Calibración del Picnómetro																																				
Temperatura °C	Masa (g)																																			
18	652.10																																			
19	651.98																																			
20	651.85																																			
21	651.71																																			
22	651.57																																			
23	651.41																																			
24	651.26																																			
25	651.09																																			
26	650.92																																			
27	650.75																																			
28	650.57																																			
29	650.38																																			
30	650.18																																			
<p>CURVA DE CALIBRACIÓN DE PICNÓMETRO</p> 																																				

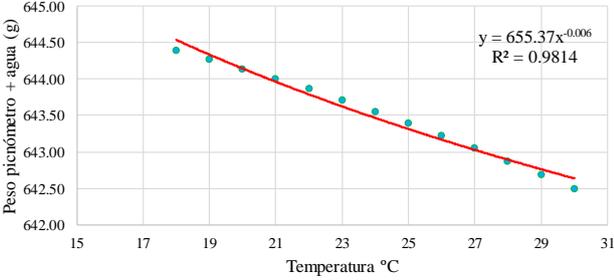
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 91: Ensayo gravedad específica, muestra 3



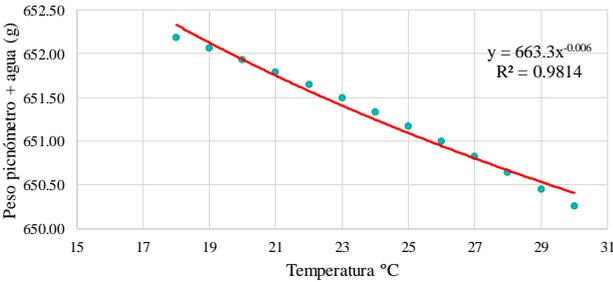
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 92: Ensayo gravedad específica, muestra 4

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA 																																		
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."																																		
Vía: La Esperanza - Tahualo ID Muestra: P1 Norma: AASHTO T100 2015	Capa Vegetal: 5 cm Profundidad: 100 cm Coordenadas: 17 716356 9898770																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Recipiente Número</td><td style="text-align: center;">8</td><td></td></tr> <tr><td>Temperatura del agua + suelo</td><td style="text-align: center;">21.00</td><td style="text-align: center;">°C</td></tr> <tr><td>Peso del recipiente + suelo seco</td><td style="text-align: center;">161.20</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Peso del recipiente (Wr)</td><td style="text-align: center;">111.47</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo seco (Ws)</td><td style="text-align: center;">49.73</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Peso picnómetro + agua (Wbw)</td><td style="text-align: center;">644.14</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)</td><td style="text-align: center;">693.87</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)</td><td style="text-align: center;">675.35</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Desplazamiento de agua (Dw)</td><td style="text-align: center;">18.52</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Factor de corrección por temperatura (K)</td><td style="text-align: center;">0.99979</td><td></td></tr> <tr><td>Gravedad específica (Gs)</td><td style="text-align: center;">2.685</td><td></td></tr> </table>		Recipiente Número	8		Temperatura del agua + suelo	21.00	°C	Peso del recipiente + suelo seco	161.20	g	Peso del recipiente (Wr)	111.47	g	Peso del suelo seco (Ws)	49.73	g	Peso picnómetro + agua (Wbw)	644.14	g	Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	693.87	g	Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	675.35	g	Desplazamiento de agua (Dw)	18.52	g	Factor de corrección por temperatura (K)	0.99979		Gravedad específica (Gs)	2.685	
Recipiente Número	8																																	
Temperatura del agua + suelo	21.00	°C																																
Peso del recipiente + suelo seco	161.20	g																																
Peso del recipiente (Wr)	111.47	g																																
Peso del suelo seco (Ws)	49.73	g																																
Peso picnómetro + agua (Wbw)	644.14	g																																
Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	693.87	g																																
Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	675.35	g																																
Desplazamiento de agua (Dw)	18.52	g																																
Factor de corrección por temperatura (K)	0.99979																																	
Gravedad específica (Gs)	2.685																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2">Calibración del Picnómetro</th></tr> <tr><th>Temperatura °C</th><th>Masa (g)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>18</td><td>644.39</td></tr> <tr><td>19</td><td>644.27</td></tr> <tr><td>20</td><td>644.14</td></tr> <tr><td>21</td><td>644.00</td></tr> <tr><td>22</td><td>643.86</td></tr> <tr><td>23</td><td>643.71</td></tr> <tr><td>24</td><td>643.55</td></tr> <tr><td>25</td><td>643.39</td></tr> <tr><td>26</td><td>643.23</td></tr> <tr><td>27</td><td>643.05</td></tr> <tr><td>28</td><td>642.87</td></tr> <tr><td>29</td><td>642.68</td></tr> <tr><td>30</td><td>642.49</td></tr> </tbody> </table>		Calibración del Picnómetro		Temperatura °C	Masa (g)	18	644.39	19	644.27	20	644.14	21	644.00	22	643.86	23	643.71	24	643.55	25	643.39	26	643.23	27	643.05	28	642.87	29	642.68	30	642.49			
Calibración del Picnómetro																																		
Temperatura °C	Masa (g)																																	
18	644.39																																	
19	644.27																																	
20	644.14																																	
21	644.00																																	
22	643.86																																	
23	643.71																																	
24	643.55																																	
25	643.39																																	
26	643.23																																	
27	643.05																																	
28	642.87																																	
29	642.68																																	
30	642.49																																	
<p>CURVA DE CALIBRACIÓN DE PICNÓMETRO</p> 																																		

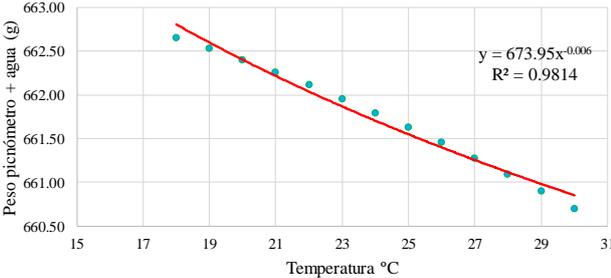
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 93: Ensayo gravedad específica, muestra 5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA 																																		
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."																																		
Vía: La Esperanza - Tahualo ID Muestra: P2 Norma: AASHTO T100 2015	Capa Vegetal: 5 cm Profundidad: 100 cm Coordenadas: 17 716830 9900219																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Recipiente Número</td><td style="text-align: center;">8</td><td></td></tr> <tr><td>Temperatura del agua + suelo</td><td style="text-align: center;">21.00</td><td style="text-align: center;">°C</td></tr> <tr><td>Peso del recipiente + suelo seco</td><td style="text-align: center;">133.42</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Peso del recipiente (Wr)</td><td style="text-align: center;">84.17</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo seco (Ws)</td><td style="text-align: center;">49.25</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Peso picnómetro + agua (Wbw)</td><td style="text-align: center;">651.93</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)</td><td style="text-align: center;">701.18</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)</td><td style="text-align: center;">682.90</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Desplazamiento de agua (Dw)</td><td style="text-align: center;">18.28</td><td style="text-align: center;">g</td></tr> <tr><td>Factor de corrección por temperatura (K)</td><td style="text-align: center;">0.99979</td><td></td></tr> <tr><td>Gravedad específica (Gs)</td><td style="text-align: center;">2.694</td><td></td></tr> </table>		Recipiente Número	8		Temperatura del agua + suelo	21.00	°C	Peso del recipiente + suelo seco	133.42	g	Peso del recipiente (Wr)	84.17	g	Peso del suelo seco (Ws)	49.25	g	Peso picnómetro + agua (Wbw)	651.93	g	Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	701.18	g	Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	682.90	g	Desplazamiento de agua (Dw)	18.28	g	Factor de corrección por temperatura (K)	0.99979		Gravedad específica (Gs)	2.694	
Recipiente Número	8																																	
Temperatura del agua + suelo	21.00	°C																																
Peso del recipiente + suelo seco	133.42	g																																
Peso del recipiente (Wr)	84.17	g																																
Peso del suelo seco (Ws)	49.25	g																																
Peso picnómetro + agua (Wbw)	651.93	g																																
Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	701.18	g																																
Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	682.90	g																																
Desplazamiento de agua (Dw)	18.28	g																																
Factor de corrección por temperatura (K)	0.99979																																	
Gravedad específica (Gs)	2.694																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2">Calibración del Picnómetro</th></tr> <tr><th>Temperatura °C</th><th>Masa (g)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>18</td><td>652.18</td></tr> <tr><td>19</td><td>652.06</td></tr> <tr><td>20</td><td>651.93</td></tr> <tr><td>21</td><td>651.79</td></tr> <tr><td>22</td><td>651.65</td></tr> <tr><td>23</td><td>651.49</td></tr> <tr><td>24</td><td>651.34</td></tr> <tr><td>25</td><td>651.17</td></tr> <tr><td>26</td><td>651.00</td></tr> <tr><td>27</td><td>650.83</td></tr> <tr><td>28</td><td>650.65</td></tr> <tr><td>29</td><td>650.46</td></tr> <tr><td>30</td><td>650.26</td></tr> </tbody> </table>		Calibración del Picnómetro		Temperatura °C	Masa (g)	18	652.18	19	652.06	20	651.93	21	651.79	22	651.65	23	651.49	24	651.34	25	651.17	26	651.00	27	650.83	28	650.65	29	650.46	30	650.26			
Calibración del Picnómetro																																		
Temperatura °C	Masa (g)																																	
18	652.18																																	
19	652.06																																	
20	651.93																																	
21	651.79																																	
22	651.65																																	
23	651.49																																	
24	651.34																																	
25	651.17																																	
26	651.00																																	
27	650.83																																	
28	650.65																																	
29	650.46																																	
30	650.26																																	
<p>CURVA DE CALIBRACIÓN DE PICNÓMETRO</p> 																																		

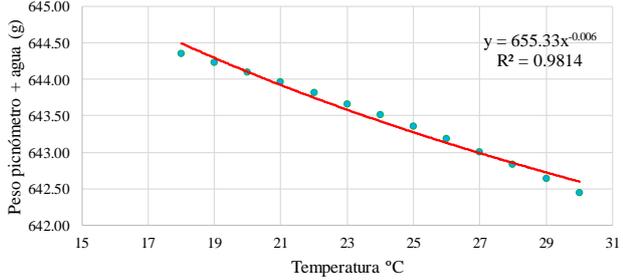
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 94: Ensayo gravedad específica, muestra 6

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA																																				
Proyecto: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”																																				
Vía:	La Esperanza - Tahualo	Capa Vegetal:	5 cm																																	
ID Muestra:	P3	Profundidad:	100 cm																																	
Norma:	AASHTO T100 2015	Coordenadas:	17 718263 9901390																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Recipiente Número</td><td>77</td><td></td></tr> <tr><td>Temperatura del agua + suelo</td><td>21.00</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Peso del recipiente + suelo seco</td><td>300.80</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del recipiente (Wr)</td><td>242.15</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo seco (Ws)</td><td>58.65</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso picnómetro + agua (Wbw)</td><td>662.40</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)</td><td>721.05</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)</td><td>699.31</td><td>g</td></tr> <tr><td>Desplazamiento de agua (Dw)</td><td>21.74</td><td>g</td></tr> <tr><td>Factor de corrección por temperatura (K)</td><td>0.99979</td><td></td></tr> <tr><td>Gravedad específica (Gs)</td><td>2.697</td><td></td></tr> </table>				Recipiente Número	77		Temperatura del agua + suelo	21.00	°C	Peso del recipiente + suelo seco	300.80	g	Peso del recipiente (Wr)	242.15	g	Peso del suelo seco (Ws)	58.65	g	Peso picnómetro + agua (Wbw)	662.40	g	Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	721.05	g	Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	699.31	g	Desplazamiento de agua (Dw)	21.74	g	Factor de corrección por temperatura (K)	0.99979		Gravedad específica (Gs)	2.697	
Recipiente Número	77																																			
Temperatura del agua + suelo	21.00	°C																																		
Peso del recipiente + suelo seco	300.80	g																																		
Peso del recipiente (Wr)	242.15	g																																		
Peso del suelo seco (Ws)	58.65	g																																		
Peso picnómetro + agua (Wbw)	662.40	g																																		
Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	721.05	g																																		
Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	699.31	g																																		
Desplazamiento de agua (Dw)	21.74	g																																		
Factor de corrección por temperatura (K)	0.99979																																			
Gravedad específica (Gs)	2.697																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Calibración del Picnómetro</th> </tr> <tr> <th>Temperatura °C</th> <th>Masa (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>18</td><td>662.66</td></tr> <tr><td>19</td><td>662.53</td></tr> <tr><td>20</td><td>662.40</td></tr> <tr><td>21</td><td>662.26</td></tr> <tr><td>22</td><td>662.12</td></tr> <tr><td>23</td><td>661.96</td></tr> <tr><td>24</td><td>661.80</td></tr> <tr><td>25</td><td>661.63</td></tr> <tr><td>26</td><td>661.46</td></tr> <tr><td>27</td><td>661.28</td></tr> <tr><td>28</td><td>661.10</td></tr> <tr><td>29</td><td>660.90</td></tr> <tr><td>30</td><td>660.70</td></tr> </tbody> </table>				Calibración del Picnómetro		Temperatura °C	Masa (g)	18	662.66	19	662.53	20	662.40	21	662.26	22	662.12	23	661.96	24	661.80	25	661.63	26	661.46	27	661.28	28	661.10	29	660.90	30	660.70			
Calibración del Picnómetro																																				
Temperatura °C	Masa (g)																																			
18	662.66																																			
19	662.53																																			
20	662.40																																			
21	662.26																																			
22	662.12																																			
23	661.96																																			
24	661.80																																			
25	661.63																																			
26	661.46																																			
27	661.28																																			
28	661.10																																			
29	660.90																																			
30	660.70																																			
<p>CURVA DE CALIBRACIÓN DE PICNÓMETRO</p> 																																				

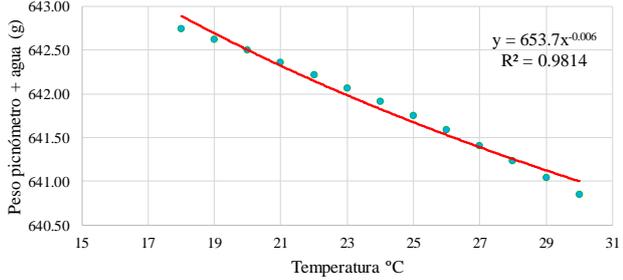
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 95: Ensayo gravedad específica, muestra 7

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA																																		
Proyecto: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”																																			
Vía: ID Muestra: Norma:	Tigua Casa Quemada - Sumirrumi P1 AASHTO T100 2015	Capa Vegetal: 5 cm Profundidad: 100 cm Coordenadas: 17 742060 9899384																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Recipiente Número</td> <td style="text-align: center;">67</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura del agua + suelo</td> <td style="text-align: center;">21.00</td> <td style="text-align: center;">°C</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + suelo seco</td> <td style="text-align: center;">302.00</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (Wr)</td> <td style="text-align: center;">254.10</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (Ws)</td> <td style="text-align: center;">47.90</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro + agua (Wbw)</td> <td style="text-align: center;">644.10</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)</td> <td style="text-align: center;">692.00</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)</td> <td style="text-align: center;">673.98</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Desplazamiento de agua (Dw)</td> <td style="text-align: center;">18.02</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Factor de corrección por temperatura (K)</td> <td style="text-align: center;">0.99979</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica (Gs)</td> <td style="text-align: center;">2.658</td> <td></td> </tr> </table>			Recipiente Número	67		Temperatura del agua + suelo	21.00	°C	Peso del recipiente + suelo seco	302.00	g	Peso del recipiente (Wr)	254.10	g	Peso del suelo seco (Ws)	47.90	g	Peso picnómetro + agua (Wbw)	644.10	g	Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	692.00	g	Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	673.98	g	Desplazamiento de agua (Dw)	18.02	g	Factor de corrección por temperatura (K)	0.99979		Gravedad específica (Gs)	2.658	
Recipiente Número	67																																		
Temperatura del agua + suelo	21.00	°C																																	
Peso del recipiente + suelo seco	302.00	g																																	
Peso del recipiente (Wr)	254.10	g																																	
Peso del suelo seco (Ws)	47.90	g																																	
Peso picnómetro + agua (Wbw)	644.10	g																																	
Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	692.00	g																																	
Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	673.98	g																																	
Desplazamiento de agua (Dw)	18.02	g																																	
Factor de corrección por temperatura (K)	0.99979																																		
Gravedad específica (Gs)	2.658																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Calibración del Picnómetro</th> </tr> <tr> <th>Temperatura °C</th> <th>Masa (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>18</td><td>644.35</td></tr> <tr><td>19</td><td>644.23</td></tr> <tr><td>20</td><td>644.10</td></tr> <tr><td>21</td><td>643.96</td></tr> <tr><td>22</td><td>643.82</td></tr> <tr><td>23</td><td>643.67</td></tr> <tr><td>24</td><td>643.51</td></tr> <tr><td>25</td><td>643.35</td></tr> <tr><td>26</td><td>643.19</td></tr> <tr><td>27</td><td>643.01</td></tr> <tr><td>28</td><td>642.83</td></tr> <tr><td>29</td><td>642.64</td></tr> <tr><td>30</td><td>642.45</td></tr> </tbody> </table>			Calibración del Picnómetro		Temperatura °C	Masa (g)	18	644.35	19	644.23	20	644.10	21	643.96	22	643.82	23	643.67	24	643.51	25	643.35	26	643.19	27	643.01	28	642.83	29	642.64	30	642.45			
Calibración del Picnómetro																																			
Temperatura °C	Masa (g)																																		
18	644.35																																		
19	644.23																																		
20	644.10																																		
21	643.96																																		
22	643.82																																		
23	643.67																																		
24	643.51																																		
25	643.35																																		
26	643.19																																		
27	643.01																																		
28	642.83																																		
29	642.64																																		
30	642.45																																		
<p>CURVA DE CALIBRACIÓN DE PICNÓMETRO</p> 																																			

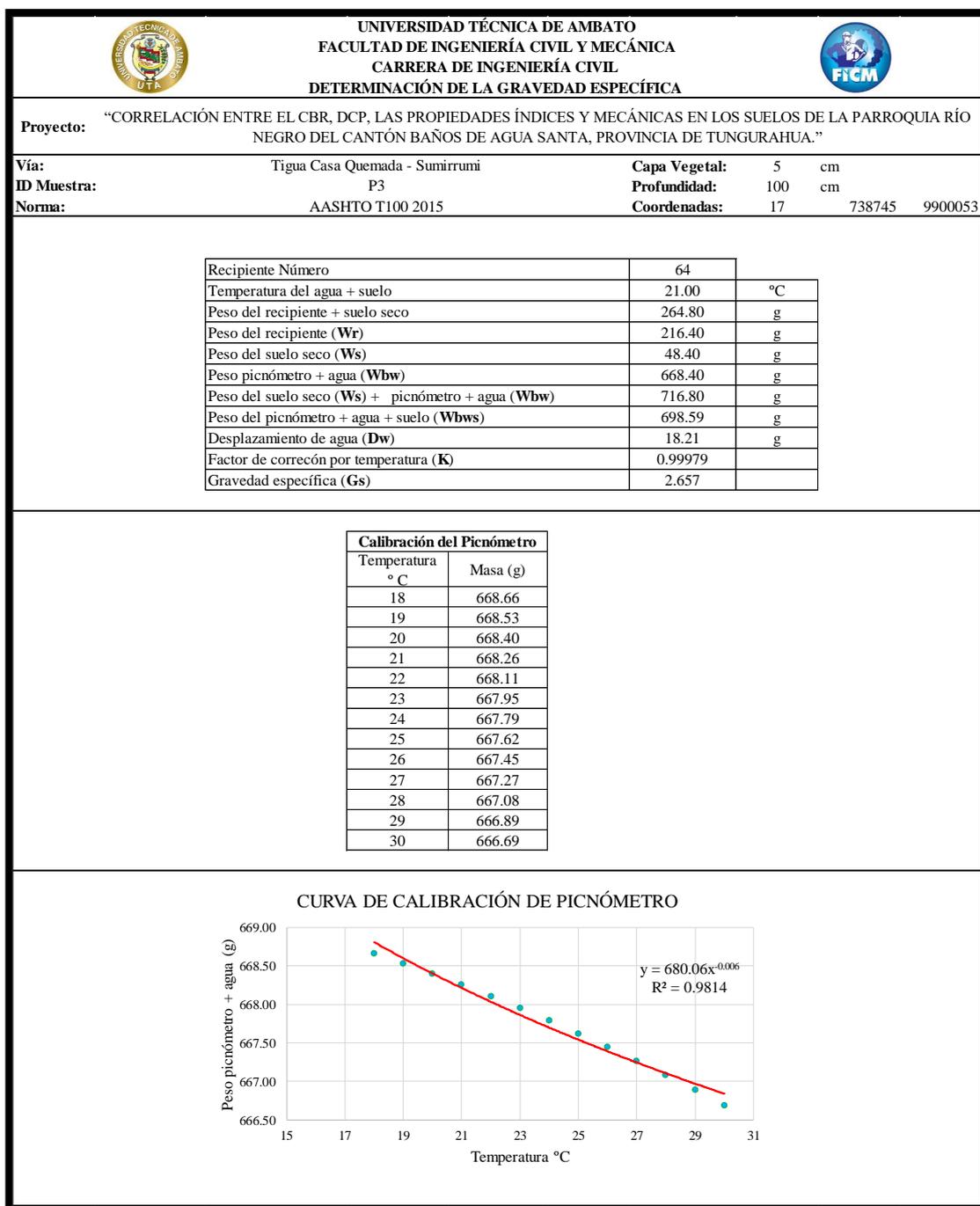
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 96: Ensayo gravedad específica, muestra 8

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA																																		
Proyecto: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”																																			
Vía: ID Muestra: Norma:	Tigua Casa Quemada - Sumirrumi P2 AASHTO T100 2015	Capa Vegetal: 5 cm Profundidad: 100 cm Coordenadas: 17 740770 9899384																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Recipiente Número</td> <td style="text-align: center;">71A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura del agua + suelo</td> <td style="text-align: center;">22.00</td> <td style="text-align: center;">°C</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + suelo seco</td> <td style="text-align: center;">305.80</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (Wr)</td> <td style="text-align: center;">255.15</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (Ws)</td> <td style="text-align: center;">50.65</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro + agua (Wbw)</td> <td style="text-align: center;">642.50</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)</td> <td style="text-align: center;">693.15</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)</td> <td style="text-align: center;">674.07</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Desplazamiento de agua (Dw)</td> <td style="text-align: center;">19.08</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Factor de corrección por temperatura (K)</td> <td style="text-align: center;">0.99957</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica (Gs)</td> <td style="text-align: center;">2.653</td> <td></td> </tr> </table>			Recipiente Número	71A		Temperatura del agua + suelo	22.00	°C	Peso del recipiente + suelo seco	305.80	g	Peso del recipiente (Wr)	255.15	g	Peso del suelo seco (Ws)	50.65	g	Peso picnómetro + agua (Wbw)	642.50	g	Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	693.15	g	Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	674.07	g	Desplazamiento de agua (Dw)	19.08	g	Factor de corrección por temperatura (K)	0.99957		Gravedad específica (Gs)	2.653	
Recipiente Número	71A																																		
Temperatura del agua + suelo	22.00	°C																																	
Peso del recipiente + suelo seco	305.80	g																																	
Peso del recipiente (Wr)	255.15	g																																	
Peso del suelo seco (Ws)	50.65	g																																	
Peso picnómetro + agua (Wbw)	642.50	g																																	
Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	693.15	g																																	
Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	674.07	g																																	
Desplazamiento de agua (Dw)	19.08	g																																	
Factor de corrección por temperatura (K)	0.99957																																		
Gravedad específica (Gs)	2.653																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Calibración del Picnómetro</th> </tr> <tr> <th>Temperatura °C</th> <th>Masa (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>18</td><td>642.75</td></tr> <tr><td>19</td><td>642.63</td></tr> <tr><td>20</td><td>642.50</td></tr> <tr><td>21</td><td>642.37</td></tr> <tr><td>22</td><td>642.22</td></tr> <tr><td>23</td><td>642.07</td></tr> <tr><td>24</td><td>641.92</td></tr> <tr><td>25</td><td>641.75</td></tr> <tr><td>26</td><td>641.59</td></tr> <tr><td>27</td><td>641.41</td></tr> <tr><td>28</td><td>641.23</td></tr> <tr><td>29</td><td>641.05</td></tr> <tr><td>30</td><td>640.86</td></tr> </tbody> </table>			Calibración del Picnómetro		Temperatura °C	Masa (g)	18	642.75	19	642.63	20	642.50	21	642.37	22	642.22	23	642.07	24	641.92	25	641.75	26	641.59	27	641.41	28	641.23	29	641.05	30	640.86			
Calibración del Picnómetro																																			
Temperatura °C	Masa (g)																																		
18	642.75																																		
19	642.63																																		
20	642.50																																		
21	642.37																																		
22	642.22																																		
23	642.07																																		
24	641.92																																		
25	641.75																																		
26	641.59																																		
27	641.41																																		
28	641.23																																		
29	641.05																																		
30	640.86																																		
<p>CURVA DE CALIBRACIÓN DE PICNÓMETRO</p> 																																			

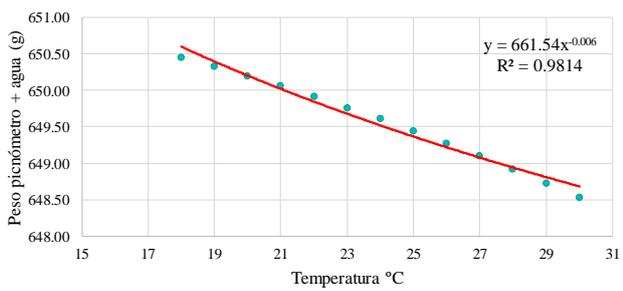
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 97: Ensayo gravedad específica, muestra 9



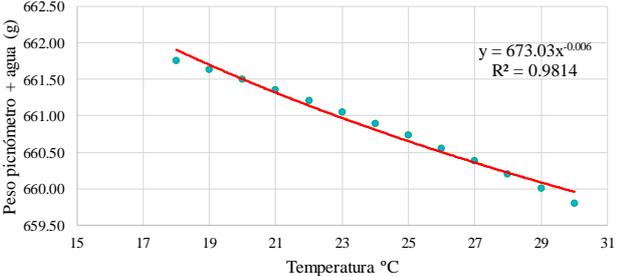
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 98: Ensayo gravedad específica, muestra 10

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA																																		
Proyecto: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”																																			
Vía: ID Muestra: Norma:	Capilla de Guayama - Comuna Guangaje P1 AASHTO T100 2015	Capa Vegetal: 5 cm Profundidad: 100 cm Coordenadas: 17 741071 9904630																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Recipiente Número</td> <td>91P</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura del agua + suelo</td> <td>19.00</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + suelo seco</td> <td>173.60</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (Wr)</td> <td>123.90</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (Ws)</td> <td>49.70</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro + agua (Wbw)</td> <td>650.20</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)</td> <td>699.90</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)</td> <td>681.15</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Desplazamiento de agua (Dw)</td> <td>18.75</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Factor de corrección por temperatura (K)</td> <td>1.00020</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica (Gs)</td> <td>2.651</td> <td></td> </tr> </table>			Recipiente Número	91P		Temperatura del agua + suelo	19.00	°C	Peso del recipiente + suelo seco	173.60	g	Peso del recipiente (Wr)	123.90	g	Peso del suelo seco (Ws)	49.70	g	Peso picnómetro + agua (Wbw)	650.20	g	Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	699.90	g	Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	681.15	g	Desplazamiento de agua (Dw)	18.75	g	Factor de corrección por temperatura (K)	1.00020		Gravedad específica (Gs)	2.651	
Recipiente Número	91P																																		
Temperatura del agua + suelo	19.00	°C																																	
Peso del recipiente + suelo seco	173.60	g																																	
Peso del recipiente (Wr)	123.90	g																																	
Peso del suelo seco (Ws)	49.70	g																																	
Peso picnómetro + agua (Wbw)	650.20	g																																	
Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	699.90	g																																	
Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	681.15	g																																	
Desplazamiento de agua (Dw)	18.75	g																																	
Factor de corrección por temperatura (K)	1.00020																																		
Gravedad específica (Gs)	2.651																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Calibración del Picnómetro</th> </tr> <tr> <th>Temperatura °C</th> <th>Masa (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>18</td><td>650.45</td></tr> <tr><td>19</td><td>650.33</td></tr> <tr><td>20</td><td>650.20</td></tr> <tr><td>21</td><td>650.06</td></tr> <tr><td>22</td><td>649.92</td></tr> <tr><td>23</td><td>649.76</td></tr> <tr><td>24</td><td>649.61</td></tr> <tr><td>25</td><td>649.45</td></tr> <tr><td>26</td><td>649.28</td></tr> <tr><td>27</td><td>649.10</td></tr> <tr><td>28</td><td>648.92</td></tr> <tr><td>29</td><td>648.73</td></tr> <tr><td>30</td><td>648.54</td></tr> </tbody> </table>			Calibración del Picnómetro		Temperatura °C	Masa (g)	18	650.45	19	650.33	20	650.20	21	650.06	22	649.92	23	649.76	24	649.61	25	649.45	26	649.28	27	649.10	28	648.92	29	648.73	30	648.54			
Calibración del Picnómetro																																			
Temperatura °C	Masa (g)																																		
18	650.45																																		
19	650.33																																		
20	650.20																																		
21	650.06																																		
22	649.92																																		
23	649.76																																		
24	649.61																																		
25	649.45																																		
26	649.28																																		
27	649.10																																		
28	648.92																																		
29	648.73																																		
30	648.54																																		
<p>CURVA DE CALIBRACIÓN DE PICNÓMETRO</p> 																																			

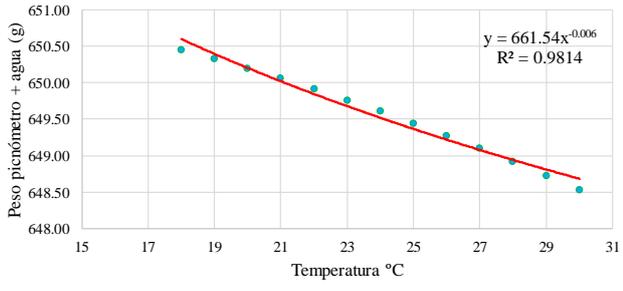
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 99: Ensayo gravedad específica, muestra 11

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA																																		
Proyecto: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”																																			
Vía: ID Muestra: Norma:	Capilla de Guayama - Comuna Guangaje P2 AASHTO T100 2015	Capa Vegetal: 5 cm Profundidad: 100 cm Coordenadas: 17 741648 9905074																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Recipiente Número</td><td>80</td><td></td></tr> <tr><td>Temperatura del agua + suelo</td><td>20.00</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Peso del recipiente + suelo seco</td><td>180.70</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del recipiente (Wr)</td><td>131.60</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo seco (Ws)</td><td>49.10</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso picnómetro + agua (Wbw)</td><td>661.50</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)</td><td>710.60</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)</td><td>692.09</td><td>g</td></tr> <tr><td>Desplazamiento de agua (Dw)</td><td>18.51</td><td>g</td></tr> <tr><td>Factor de corrección por temperatura (K)</td><td>1.00000</td><td></td></tr> <tr><td>Gravedad específica (Gs)</td><td>2.653</td><td></td></tr> </table>			Recipiente Número	80		Temperatura del agua + suelo	20.00	°C	Peso del recipiente + suelo seco	180.70	g	Peso del recipiente (Wr)	131.60	g	Peso del suelo seco (Ws)	49.10	g	Peso picnómetro + agua (Wbw)	661.50	g	Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	710.60	g	Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	692.09	g	Desplazamiento de agua (Dw)	18.51	g	Factor de corrección por temperatura (K)	1.00000		Gravedad específica (Gs)	2.653	
Recipiente Número	80																																		
Temperatura del agua + suelo	20.00	°C																																	
Peso del recipiente + suelo seco	180.70	g																																	
Peso del recipiente (Wr)	131.60	g																																	
Peso del suelo seco (Ws)	49.10	g																																	
Peso picnómetro + agua (Wbw)	661.50	g																																	
Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	710.60	g																																	
Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	692.09	g																																	
Desplazamiento de agua (Dw)	18.51	g																																	
Factor de corrección por temperatura (K)	1.00000																																		
Gravedad específica (Gs)	2.653																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2">Calibración del Picnómetro</th></tr> <tr><th>Temperatura °C</th><th>Masa (g)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>18</td><td>661.76</td></tr> <tr><td>19</td><td>661.63</td></tr> <tr><td>20</td><td>661.50</td></tr> <tr><td>21</td><td>661.36</td></tr> <tr><td>22</td><td>661.22</td></tr> <tr><td>23</td><td>661.06</td></tr> <tr><td>24</td><td>660.90</td></tr> <tr><td>25</td><td>660.73</td></tr> <tr><td>26</td><td>660.56</td></tr> <tr><td>27</td><td>660.38</td></tr> <tr><td>28</td><td>660.20</td></tr> <tr><td>29</td><td>660.01</td></tr> <tr><td>30</td><td>659.81</td></tr> </tbody> </table>			Calibración del Picnómetro		Temperatura °C	Masa (g)	18	661.76	19	661.63	20	661.50	21	661.36	22	661.22	23	661.06	24	660.90	25	660.73	26	660.56	27	660.38	28	660.20	29	660.01	30	659.81			
Calibración del Picnómetro																																			
Temperatura °C	Masa (g)																																		
18	661.76																																		
19	661.63																																		
20	661.50																																		
21	661.36																																		
22	661.22																																		
23	661.06																																		
24	660.90																																		
25	660.73																																		
26	660.56																																		
27	660.38																																		
28	660.20																																		
29	660.01																																		
30	659.81																																		
<p>CURVA DE CALIBRACIÓN DE PICNÓMETRO</p> 																																			

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

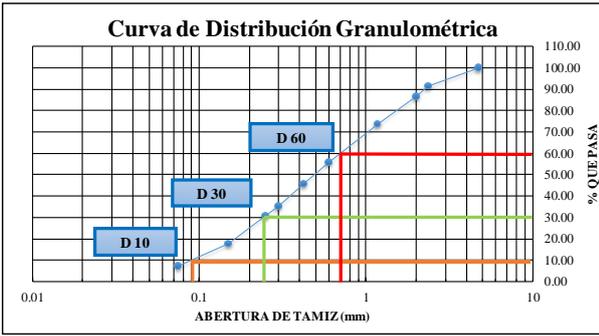
Tabla 100: Ensayo gravedad específica, muestra 12

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA																																		
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."																																			
Vía: Capilla de Guayama - Comuna Guangaje ID Muestra: P3 Norma: AASHTO T100 2015	Capa Vegetal: 5 cm Profundidad: 100 cm Coordenadas: 17 741880 9906220																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Recipiente Número</td><td>79A</td><td></td></tr> <tr><td>Temperatura del agua + suelo</td><td>22.00</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Peso del recipiente + suelo seco</td><td>210.80</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del recipiente (Wr)</td><td>142.50</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo seco (Ws)</td><td>68.30</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso picnómetro + agua (Wbw)</td><td>650.20</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)</td><td>718.50</td><td>g</td></tr> <tr><td>Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)</td><td>692.78</td><td>g</td></tr> <tr><td>Desplazamiento de agua (Dw)</td><td>25.72</td><td>g</td></tr> <tr><td>Factor de corrección por temperatura (K)</td><td>0.99957</td><td></td></tr> <tr><td>Gravedad específica (Gs)</td><td>2.654</td><td></td></tr> </table>			Recipiente Número	79A		Temperatura del agua + suelo	22.00	°C	Peso del recipiente + suelo seco	210.80	g	Peso del recipiente (Wr)	142.50	g	Peso del suelo seco (Ws)	68.30	g	Peso picnómetro + agua (Wbw)	650.20	g	Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	718.50	g	Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	692.78	g	Desplazamiento de agua (Dw)	25.72	g	Factor de corrección por temperatura (K)	0.99957		Gravedad específica (Gs)	2.654	
Recipiente Número	79A																																		
Temperatura del agua + suelo	22.00	°C																																	
Peso del recipiente + suelo seco	210.80	g																																	
Peso del recipiente (Wr)	142.50	g																																	
Peso del suelo seco (Ws)	68.30	g																																	
Peso picnómetro + agua (Wbw)	650.20	g																																	
Peso del suelo seco (Ws) + picnómetro + agua (Wbw)	718.50	g																																	
Peso del picnómetro + agua + suelo (Wbws)	692.78	g																																	
Desplazamiento de agua (Dw)	25.72	g																																	
Factor de corrección por temperatura (K)	0.99957																																		
Gravedad específica (Gs)	2.654																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th colspan="2">Calibración del Picnómetro</th></tr> <tr><th>Temperatura °C</th><th>Masa (g)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>18</td><td>650.45</td></tr> <tr><td>19</td><td>650.33</td></tr> <tr><td>20</td><td>650.20</td></tr> <tr><td>21</td><td>650.06</td></tr> <tr><td>22</td><td>649.92</td></tr> <tr><td>23</td><td>649.76</td></tr> <tr><td>24</td><td>649.61</td></tr> <tr><td>25</td><td>649.45</td></tr> <tr><td>26</td><td>649.28</td></tr> <tr><td>27</td><td>649.10</td></tr> <tr><td>28</td><td>648.92</td></tr> <tr><td>29</td><td>648.73</td></tr> <tr><td>30</td><td>648.54</td></tr> </tbody> </table>			Calibración del Picnómetro		Temperatura °C	Masa (g)	18	650.45	19	650.33	20	650.20	21	650.06	22	649.92	23	649.76	24	649.61	25	649.45	26	649.28	27	649.10	28	648.92	29	648.73	30	648.54			
Calibración del Picnómetro																																			
Temperatura °C	Masa (g)																																		
18	650.45																																		
19	650.33																																		
20	650.20																																		
21	650.06																																		
22	649.92																																		
23	649.76																																		
24	649.61																																		
25	649.45																																		
26	649.28																																		
27	649.10																																		
28	648.92																																		
29	648.73																																		
30	648.54																																		
<p>CURVA DE CALIBRACIÓN DE PICNÓMETRO</p> 																																			

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

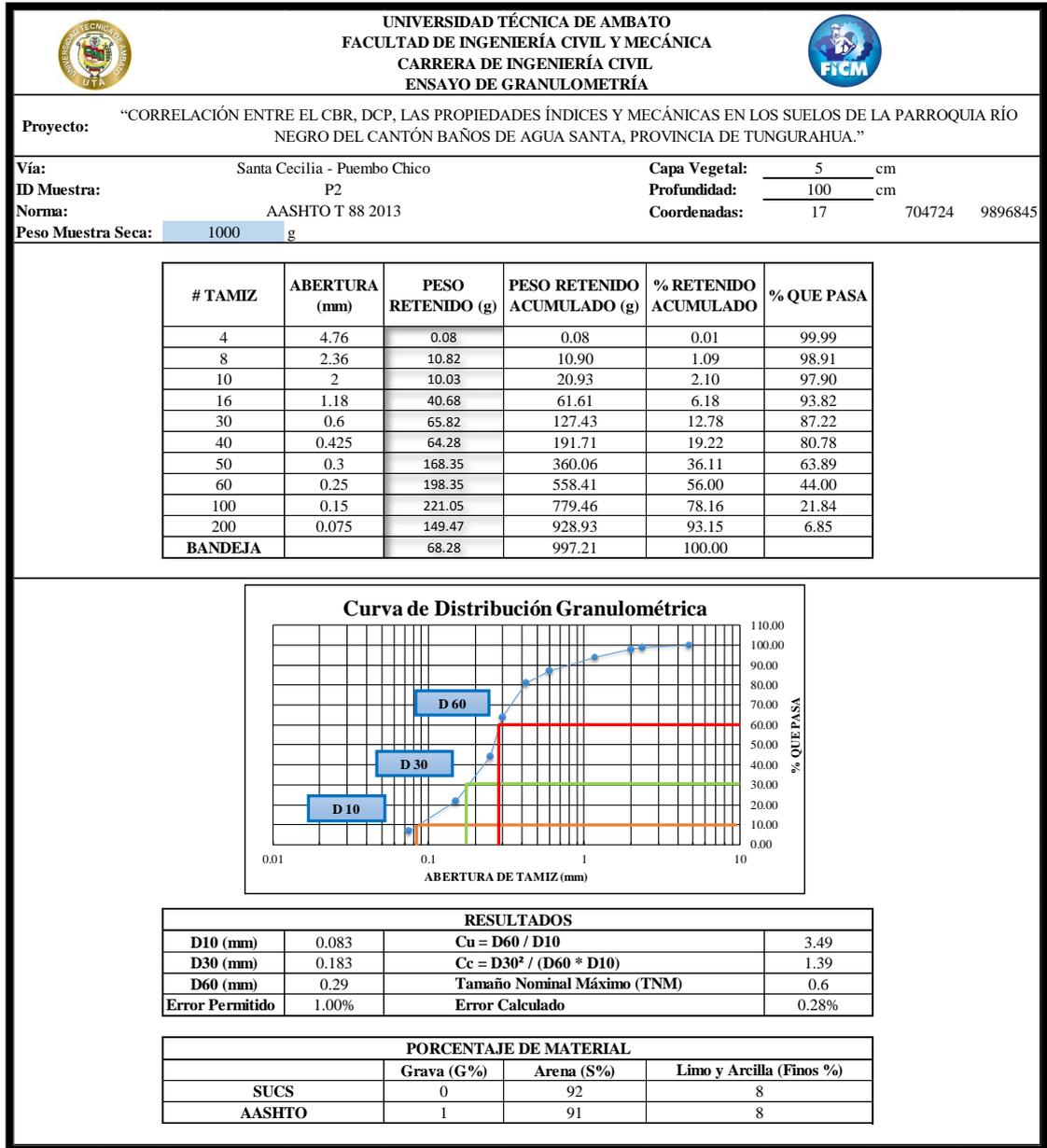
Granulometría

Tabla 101: Ensayo granulometría, muestra 1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		ENSAYO DE GRANULOMETRÍA																																																																									
				Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."																																																																											
Vía:	Santa Cecilia - Puenbo Chico	Capa Vegetal:	5	cm																																																																											
ID Muestra:	P1	Profundidad:	100	cm																																																																											
Norma:	AASHTO T 88 2013	Coordenadas:	17	703482	9897856																																																																										
Peso Muestra Seca:	1000	g																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th># TAMIZ</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>PESO RETENIDO (g)</th> <th>PESO RETENIDO ACUMULADO (g)</th> <th>% RETENIDO ACUMULADO</th> <th>% QUE PASA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4</td><td>4.76</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.36</td><td>84.66</td><td>84.66</td><td>8.48</td><td>91.52</td></tr> <tr><td>10</td><td>2</td><td>48.52</td><td>133.18</td><td>13.34</td><td>86.66</td></tr> <tr><td>16</td><td>1.18</td><td>128.51</td><td>261.69</td><td>26.21</td><td>73.79</td></tr> <tr><td>30</td><td>0.6</td><td>178.67</td><td>440.36</td><td>44.11</td><td>55.89</td></tr> <tr><td>40</td><td>0.425</td><td>99.60</td><td>539.96</td><td>54.09</td><td>45.91</td></tr> <tr><td>50</td><td>0.3</td><td>105.62</td><td>645.58</td><td>64.67</td><td>35.33</td></tr> <tr><td>60</td><td>0.25</td><td>47.42</td><td>693.00</td><td>69.42</td><td>30.58</td></tr> <tr><td>100</td><td>0.15</td><td>125.83</td><td>818.83</td><td>82.03</td><td>17.97</td></tr> <tr><td>200</td><td>0.075</td><td>105.50</td><td>924.33</td><td>92.59</td><td>7.41</td></tr> <tr><td>BANDEJA</td><td></td><td>73.93</td><td>998.26</td><td>100.00</td><td></td></tr> </tbody> </table>								# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00	8	2.36	84.66	84.66	8.48	91.52	10	2	48.52	133.18	13.34	86.66	16	1.18	128.51	261.69	26.21	73.79	30	0.6	178.67	440.36	44.11	55.89	40	0.425	99.60	539.96	54.09	45.91	50	0.3	105.62	645.58	64.67	35.33	60	0.25	47.42	693.00	69.42	30.58	100	0.15	125.83	818.83	82.03	17.97	200	0.075	105.50	924.33	92.59	7.41	BANDEJA		73.93	998.26	100.00	
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA																																																																										
4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																										
8	2.36	84.66	84.66	8.48	91.52																																																																										
10	2	48.52	133.18	13.34	86.66																																																																										
16	1.18	128.51	261.69	26.21	73.79																																																																										
30	0.6	178.67	440.36	44.11	55.89																																																																										
40	0.425	99.60	539.96	54.09	45.91																																																																										
50	0.3	105.62	645.58	64.67	35.33																																																																										
60	0.25	47.42	693.00	69.42	30.58																																																																										
100	0.15	125.83	818.83	82.03	17.97																																																																										
200	0.075	105.50	924.33	92.59	7.41																																																																										
BANDEJA		73.93	998.26	100.00																																																																											
																																																																															
RESULTADOS																																																																															
D10 (mm)	0.09	Cu = D60 / D10			7.78																																																																										
D30 (mm)	0.26	Cc = D30² / (D60 * D10)			1.07																																																																										
D60 (mm)	0.7	Tamaño Nominal Máximo (TNM)			2																																																																										
Error Permitido	1.00%	Error Calculado			0.17%																																																																										
PORCENTAJE DE MATERIAL																																																																															
	Grava (G%)	Arena (S%)			Limo y Arcilla (Finos %)																																																																										
SUCS	0	93			7																																																																										
AASHTO	8	85			7																																																																										

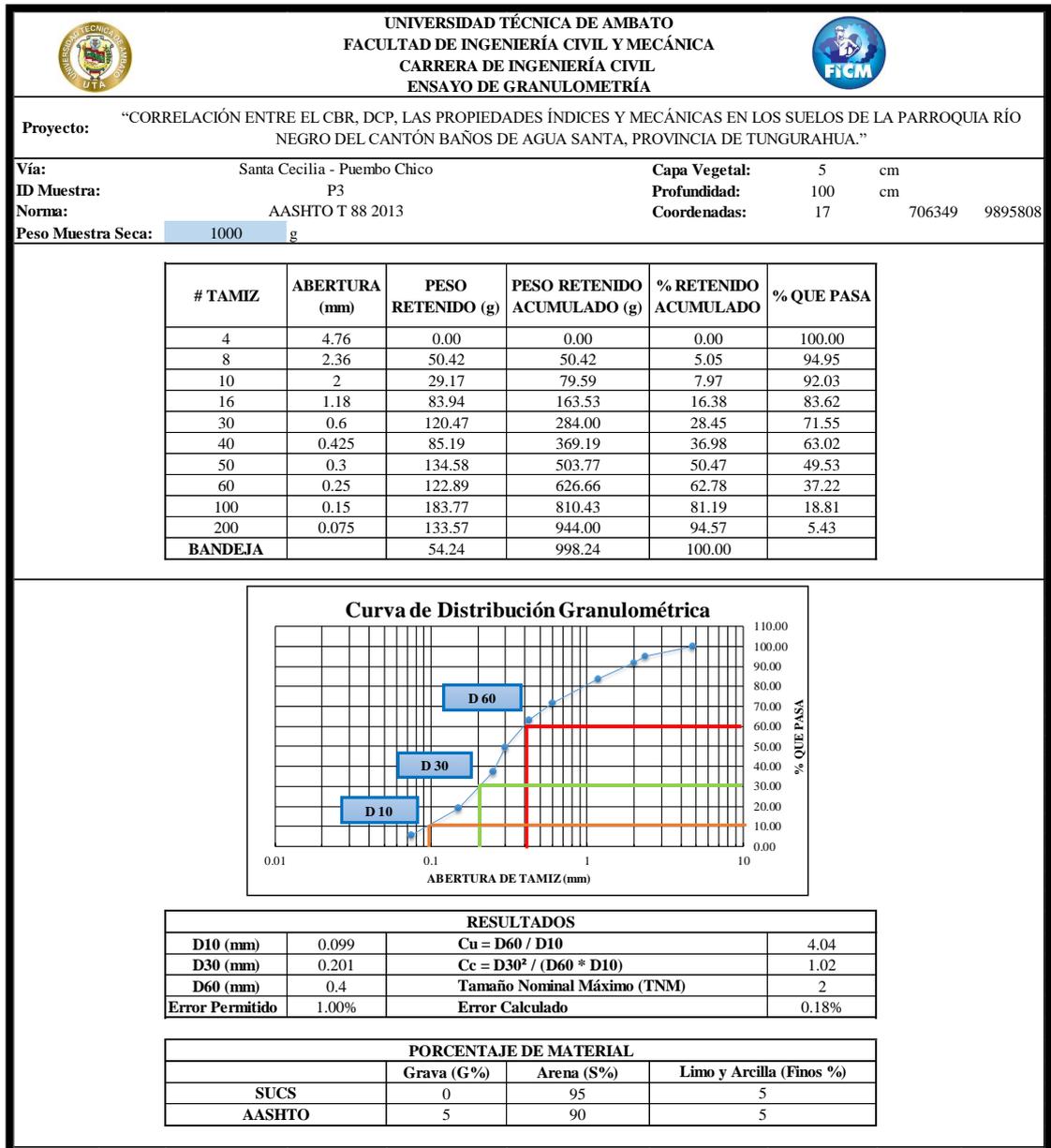
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 102: Ensayo granulometría, muestra 2



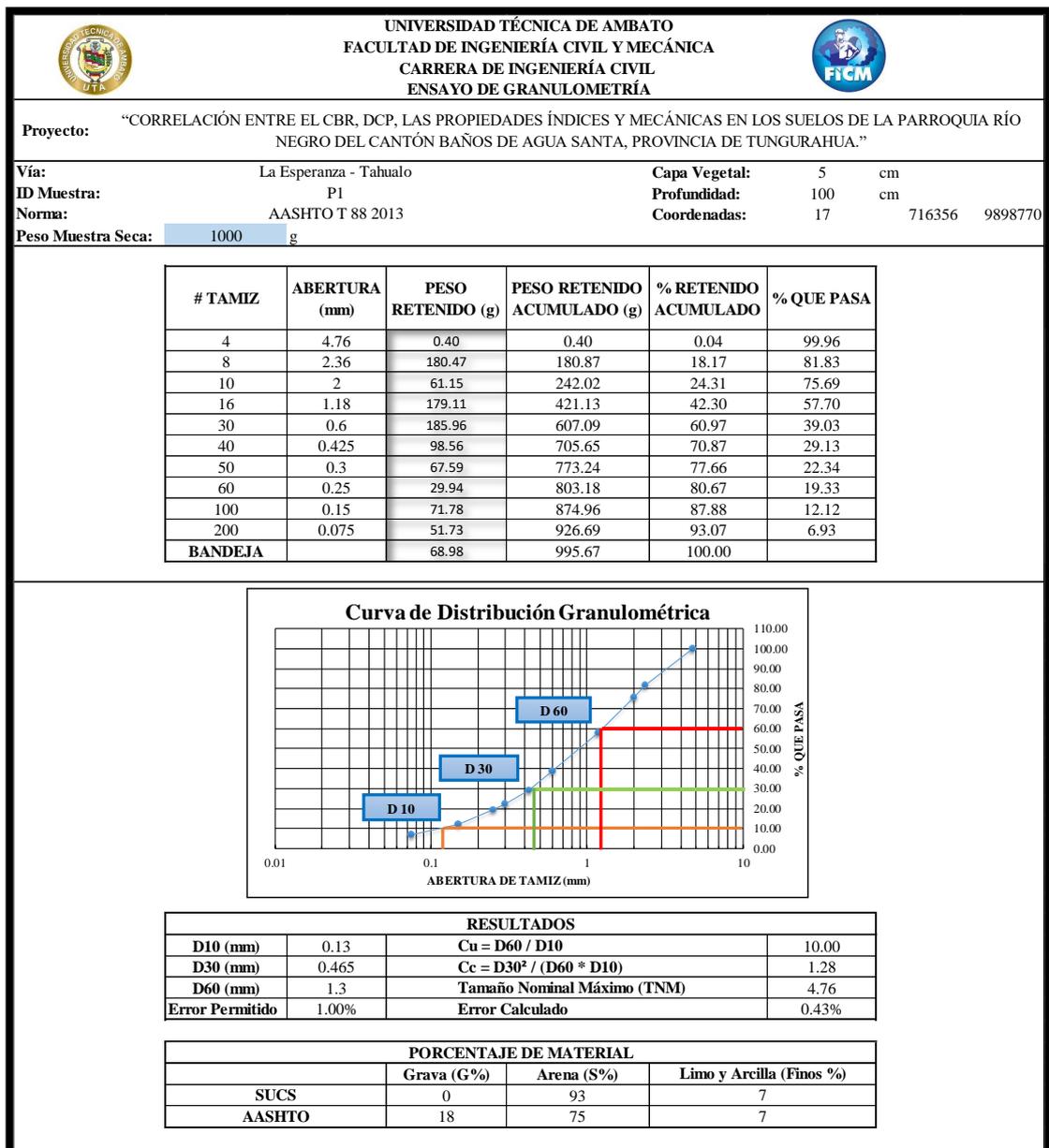
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 103: Ensayo granulometría, muestra 3



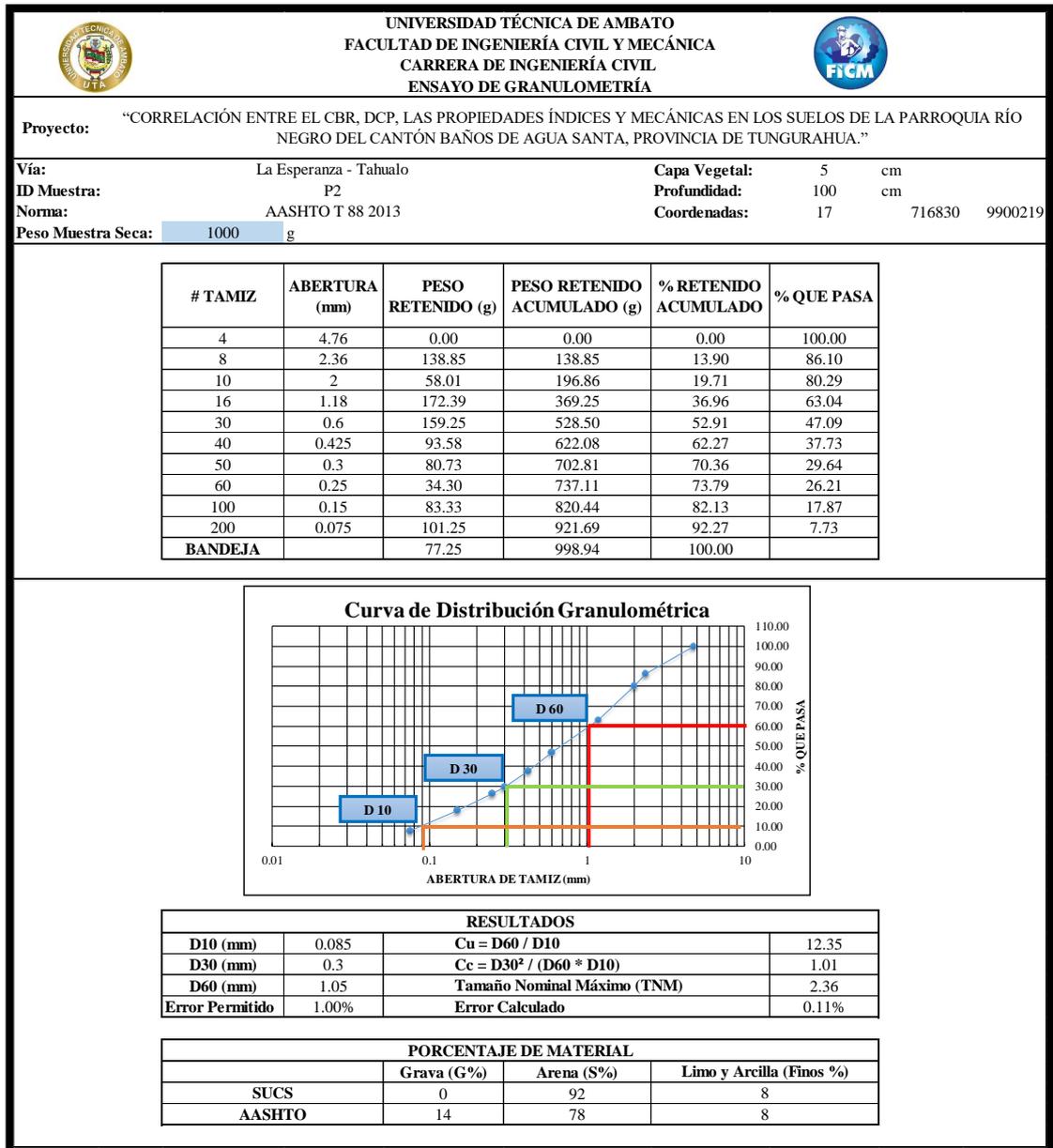
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 104: Ensayo granulometría, muestra 4



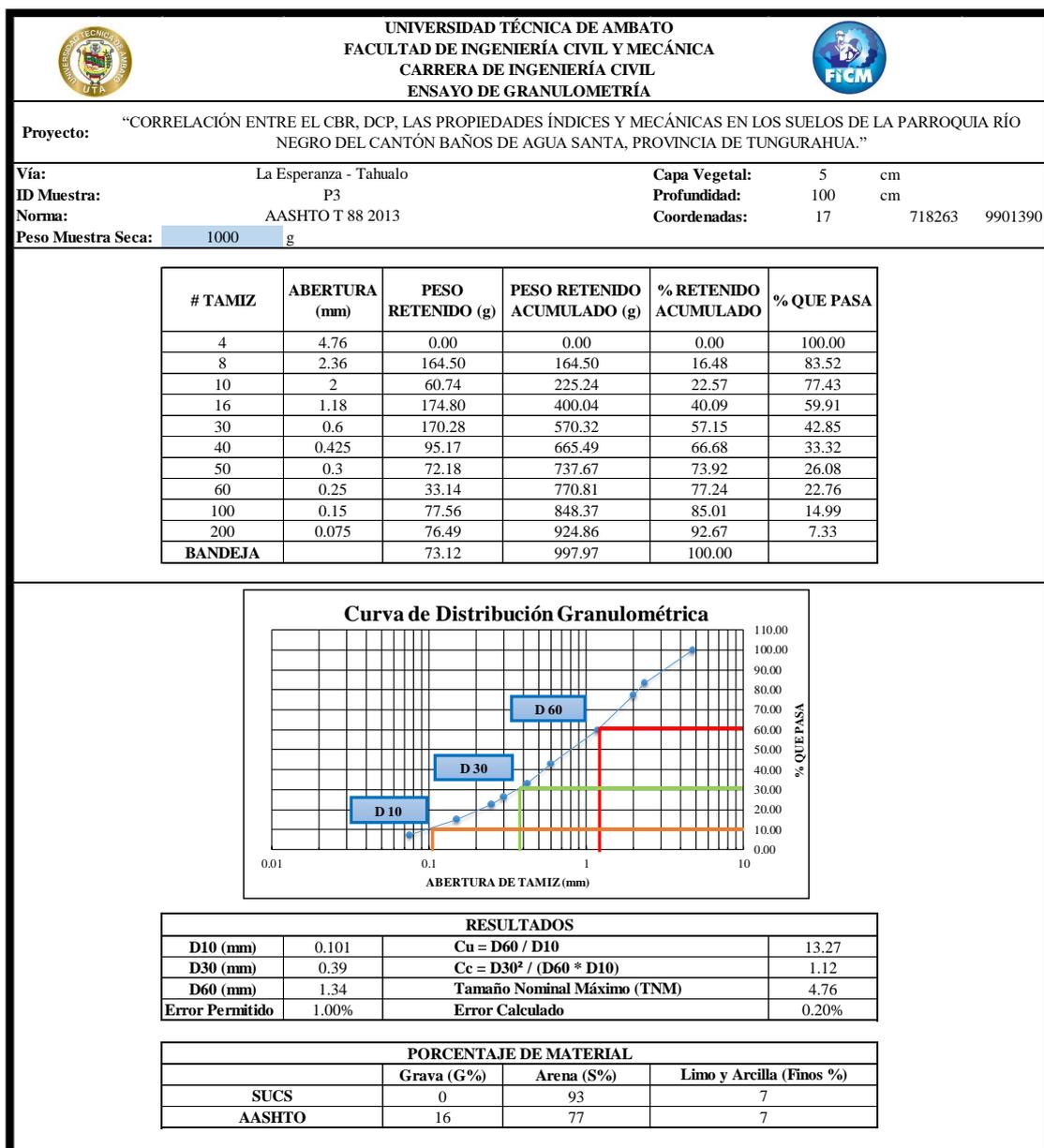
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 105: Ensayo granulometría, muestra 5



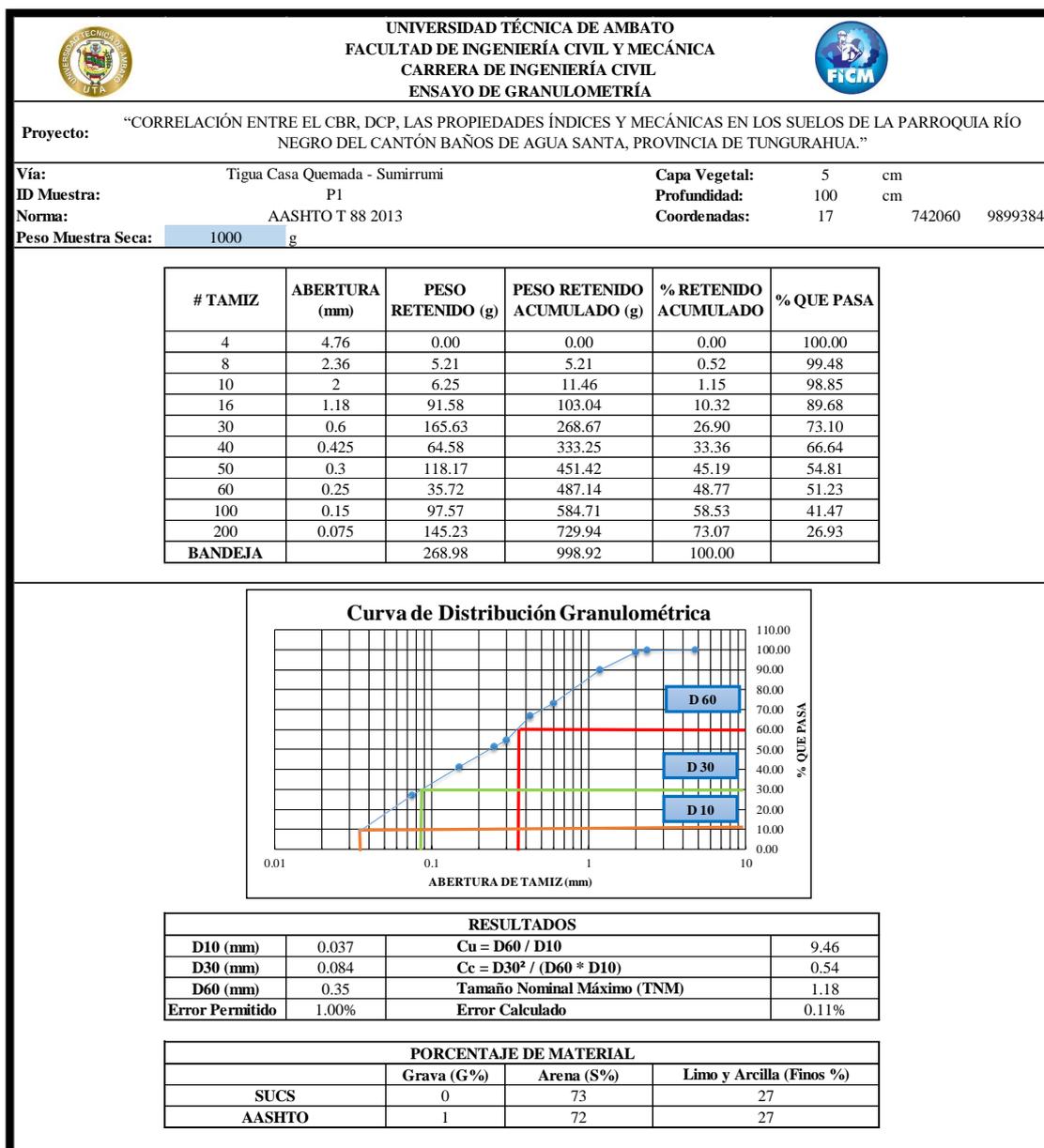
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 106: Ensayo granulometría, muestra 6



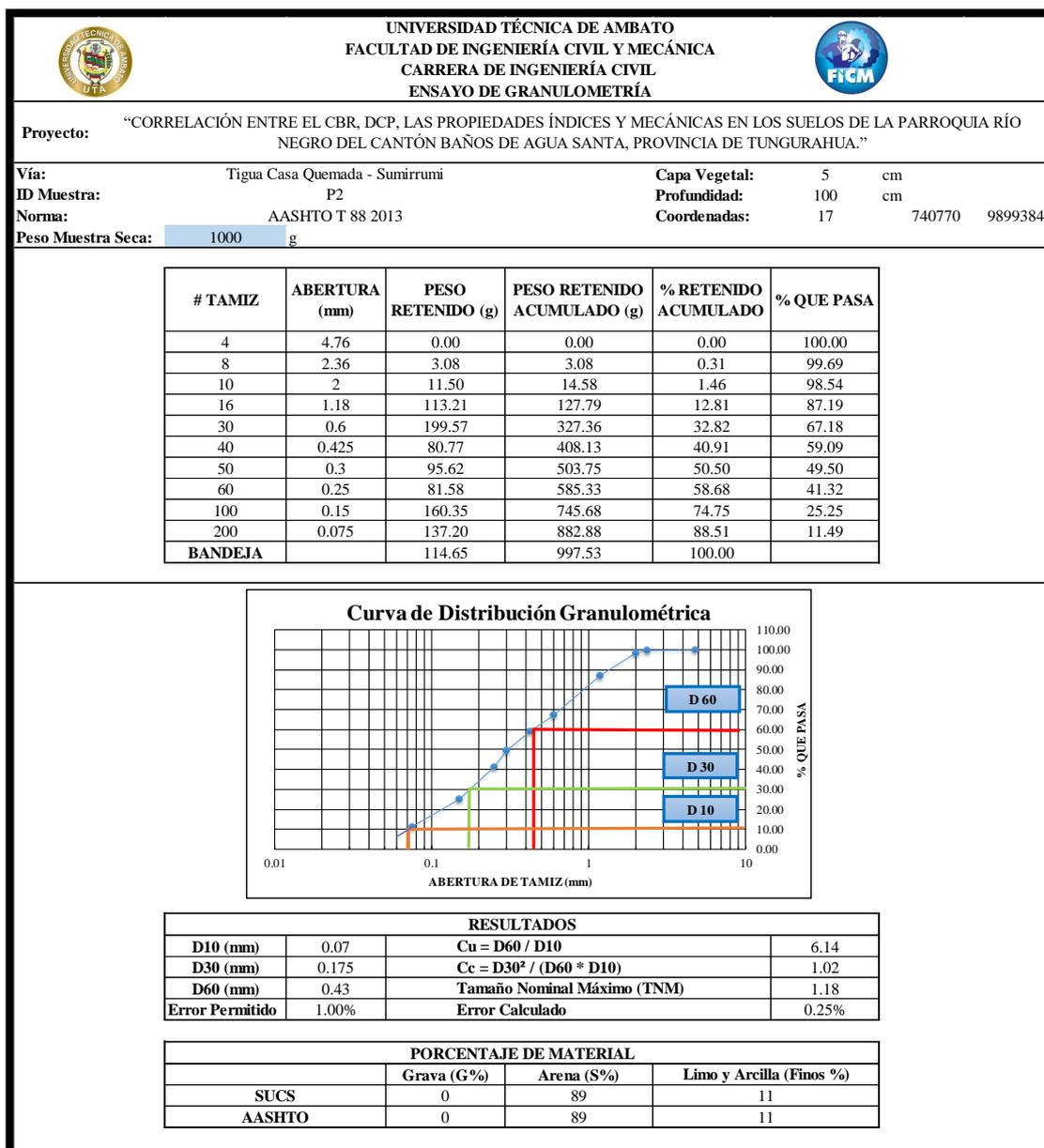
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 107: Ensayo granulometría, muestra 7



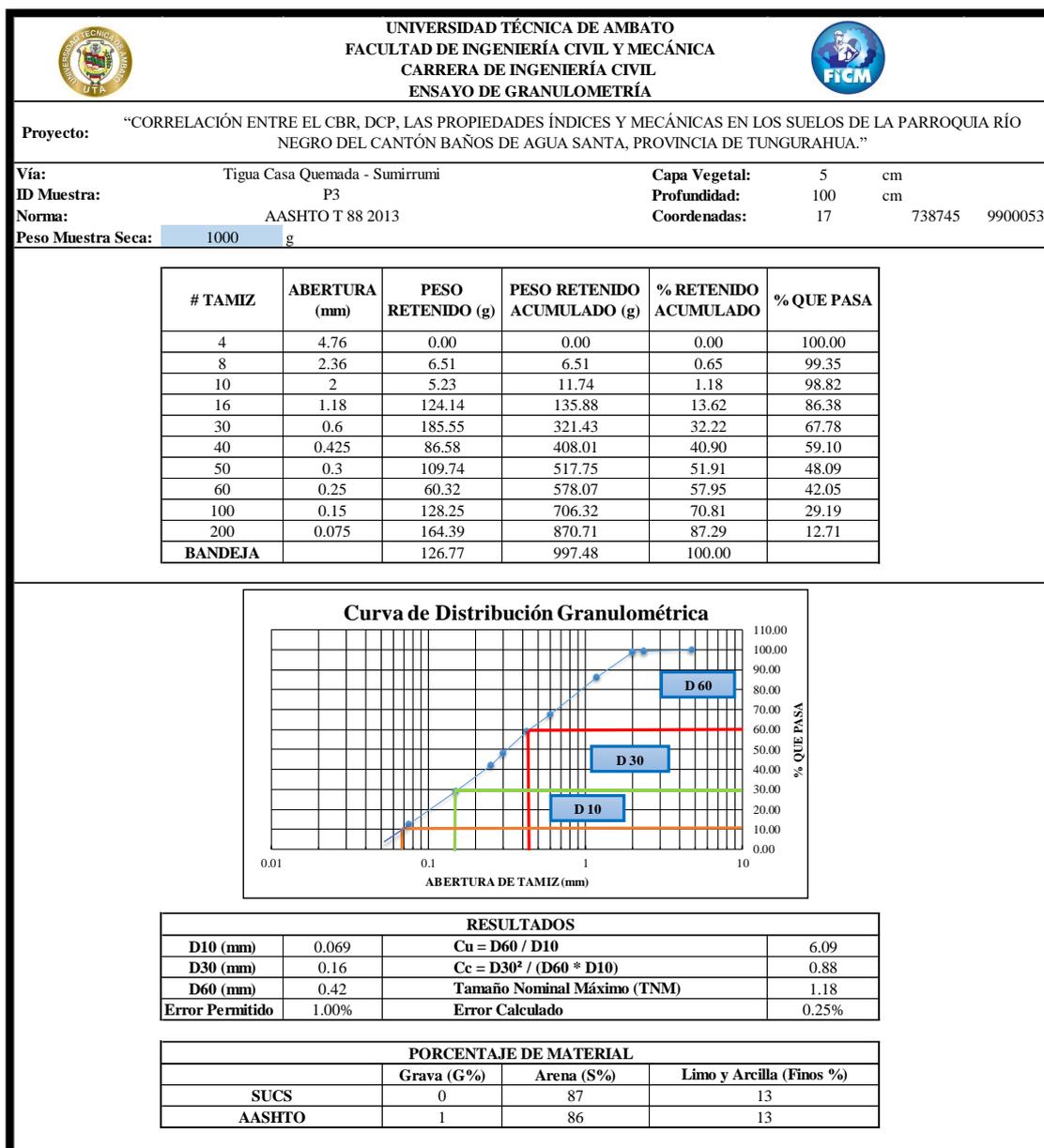
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 108: Ensayo granulometría, muestra 8



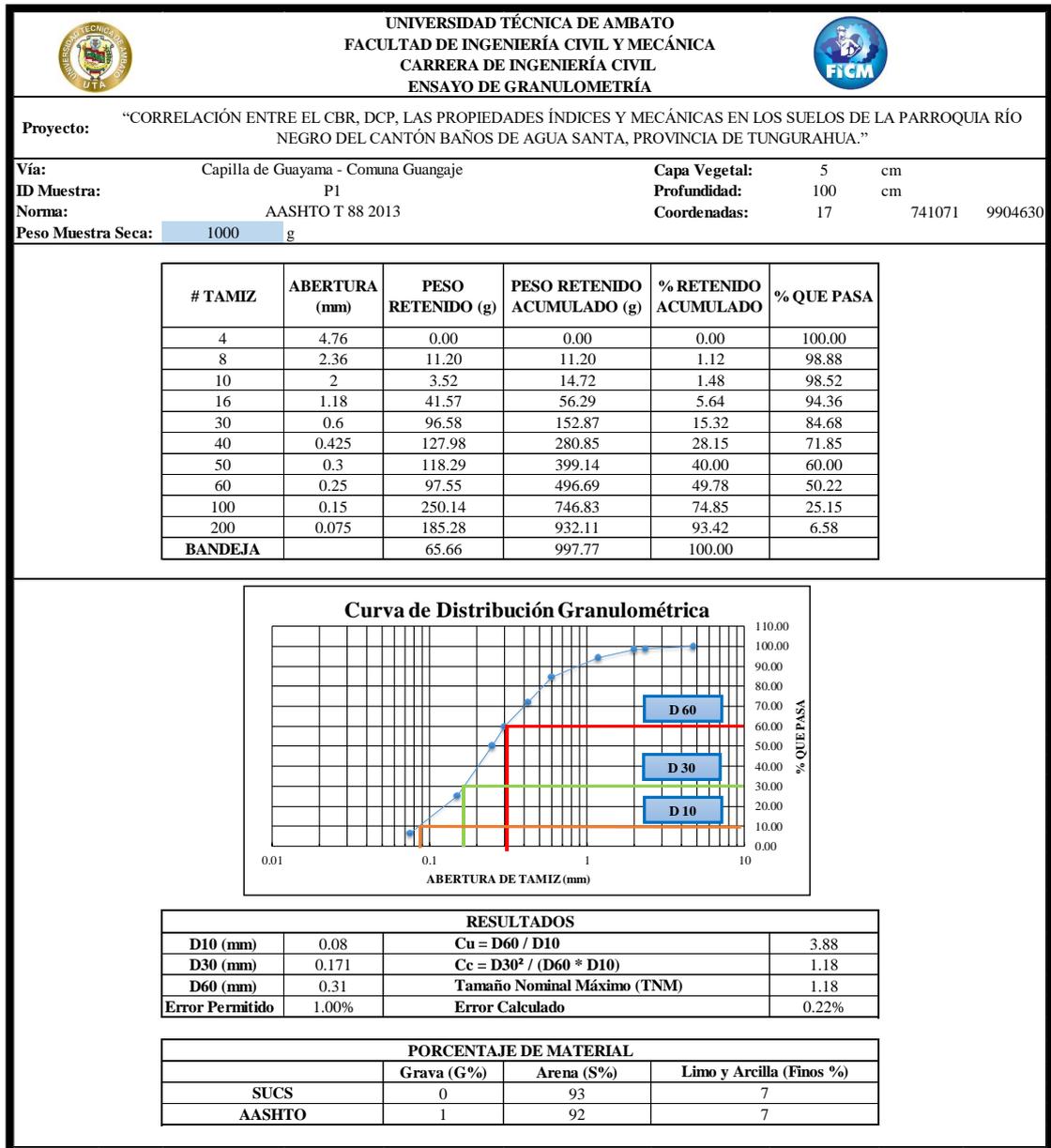
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 109: Ensayo granulometría, muestra 9



Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 110: Ensayo granulometría, muestra 10



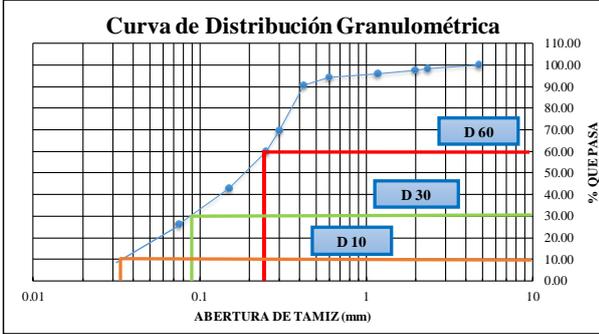
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 111: Ensayo granulometría, muestra 11

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA			
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."			
Vía:	Capilla de Guayama - Comuna Guangaje	Capa Vegetal:	5 cm
ID Muestra:	P2	Profundidad:	100 cm
Norma:	AASHTO T 88 2013	Coordenadas:	17 741648 9905074
Peso Muestra Seca:	1000 g		

# TAMIZ	ABERTUR A (mm)	PESO RETENIDO (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
8	2.36	17.29	17.29	1.74	98.26
10	2	5.87	23.16	2.33	97.67
16	1.18	17.25	40.41	4.06	95.94
30	0.6	14.28	54.69	5.49	94.51
40	0.425	36.30	90.99	9.13	90.87
50	0.3	210.62	301.61	30.28	69.72
60	0.25	98.47	400.08	40.16	59.84
100	0.15	167.50	567.58	56.98	43.02
200	0.075	168.21	735.79	73.87	26.13
BANDEJA		260.33	996.12	100.00	

Curva de Distribución Granulométrica

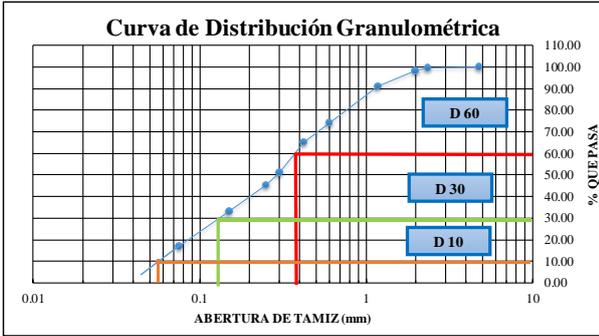


RESULTADOS			
D10 (mm)	0.034	Cu = D60 / D10	7.35
D30 (mm)	0.09	Cc = D30² / (D60 * D10)	0.95
D60 (mm)	0.25	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	0.425
Error Permitido	1.00%	Error Calculado	0.39%

PORCENTAJE DE MATERIAL			
	Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)
SUCS	0	74	26
AASHTO	2	72	26

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 112: Ensayo granulometría, muestra 12

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA																																																																											
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."																																																																													
Vía:	Capilla de Guayama - Comuna Guangaje	Capa Vegetal:	5	cm																																																																									
ID Muestra:	P3	Profundidad:	100	cm																																																																									
Norma:	AASHTO T 88 2013	Coordenadas:	17	741880	9906220																																																																								
Peso Muestra Seca:	1000	g																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th># TAMIZ</th> <th>ABERTUR A (mm)</th> <th>PESO RETENIDO (g)</th> <th>PESO RETENIDO ACUMULADO (g)</th> <th>% RETENIDO ACUMULADO</th> <th>% QUE PASA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4</td><td>4.76</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.36</td><td>5.17</td><td>5.17</td><td>0.52</td><td>99.48</td></tr> <tr><td>10</td><td>2</td><td>12.27</td><td>17.44</td><td>1.75</td><td>98.25</td></tr> <tr><td>16</td><td>1.18</td><td>72.58</td><td>90.02</td><td>9.02</td><td>90.98</td></tr> <tr><td>30</td><td>0.6</td><td>170.25</td><td>260.27</td><td>26.09</td><td>73.91</td></tr> <tr><td>40</td><td>0.425</td><td>86.90</td><td>347.17</td><td>34.80</td><td>65.20</td></tr> <tr><td>50</td><td>0.3</td><td>140.30</td><td>487.47</td><td>48.87</td><td>51.13</td></tr> <tr><td>60</td><td>0.25</td><td>59.98</td><td>547.45</td><td>54.88</td><td>45.12</td></tr> <tr><td>100</td><td>0.15</td><td>121.02</td><td>668.47</td><td>67.01</td><td>32.99</td></tr> <tr><td>200</td><td>0.075</td><td>158.50</td><td>826.97</td><td>82.90</td><td>17.10</td></tr> <tr><td>BANDEJA</td><td></td><td>170.57</td><td>997.54</td><td>100.00</td><td></td></tr> </tbody> </table>						# TAMIZ	ABERTUR A (mm)	PESO RETENIDO (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00	8	2.36	5.17	5.17	0.52	99.48	10	2	12.27	17.44	1.75	98.25	16	1.18	72.58	90.02	9.02	90.98	30	0.6	170.25	260.27	26.09	73.91	40	0.425	86.90	347.17	34.80	65.20	50	0.3	140.30	487.47	48.87	51.13	60	0.25	59.98	547.45	54.88	45.12	100	0.15	121.02	668.47	67.01	32.99	200	0.075	158.50	826.97	82.90	17.10	BANDEJA		170.57	997.54	100.00	
# TAMIZ	ABERTUR A (mm)	PESO RETENIDO (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA																																																																								
4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																								
8	2.36	5.17	5.17	0.52	99.48																																																																								
10	2	12.27	17.44	1.75	98.25																																																																								
16	1.18	72.58	90.02	9.02	90.98																																																																								
30	0.6	170.25	260.27	26.09	73.91																																																																								
40	0.425	86.90	347.17	34.80	65.20																																																																								
50	0.3	140.30	487.47	48.87	51.13																																																																								
60	0.25	59.98	547.45	54.88	45.12																																																																								
100	0.15	121.02	668.47	67.01	32.99																																																																								
200	0.075	158.50	826.97	82.90	17.10																																																																								
BANDEJA		170.57	997.54	100.00																																																																									
																																																																													
RESULTADOS																																																																													
D10 (mm)	0.057	Cu = D60 / D10	6.84																																																																										
D30 (mm)	0.135	Cc = D30² / (D60 * D10)	0.82																																																																										
D60 (mm)	0.39	Tamaño Nominal Máximo (TNM)	1.18																																																																										
Error Permitido	1.00%	Error Calculado	0.25%																																																																										
PORCENTAJE DE MATERIAL																																																																													
	Grava (G%)	Arena (S%)	Limo y Arcilla (Finos %)																																																																										
SUCS	0	83	17																																																																										
AASHTO	1	82	17																																																																										

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Límite Líquido

Tabla 113: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 1

 	
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE)	
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."	
Vía:	Santa Cecilia - Puenbo Chico
ID Muestra:	P1
Norma:	AASHTO T 89 2013
Capa Vegetal:	5 cm
Profundidad:	100 cm
Coordenadas:	17 703482 9897856

Número de Golpes	4		23		34		43		
Identificación de Cápsula	6	10	29 c7	30 J.6.8	A3	BM69	79	28	
Peso de Cápsula	4.41	7.46	7.49	7.46	4.41	4.48	4.34	7.47	g
Peso de muestra húmeda + cápsula	12.34	15.16	15.06	14.67	10.12	9.05	12.47	14.53	g
Peso de muestra seca + cápsula	9.70	12.54	12.73	12.44	8.51	7.69	10.22	12.62	g
Peso del agua	2.64	2.62	2.33	2.23	1.61	1.36	2.25	1.91	g
Peso de la muestra seca	5.29	5.08	5.24	4.98	4.10	3.21	5.88	5.15	g
Contenido de humedad (ω)	49.91	51.57	44.47	44.78	39.27	42.37	38.27	37.09	%
Promedio de contenido de humedad (ω)	50.74		44.62		40.82		37.68		%
Límite Líquido (LL)					42.13				%

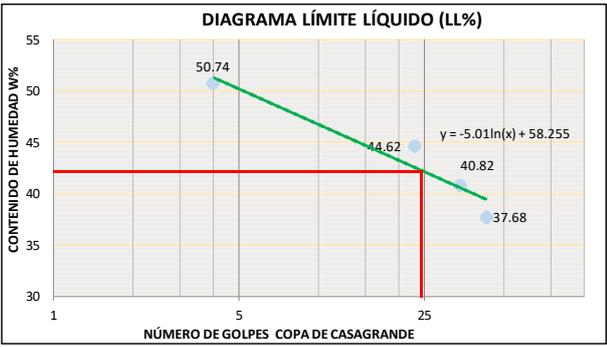


DIAGRAMA LÍMITE LÍQUIDO (LL%)

CONTENIDO DE HUMEDAD W%

NÚMERO DE GOLPES COPA DE CASAGRANDE

$y = -5.01\ln(x) + 58.255$

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 114: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE) 										
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."										
Vía:		Santa Cecilia - Puenbo Chico				Capa Vegetal:		5		cm
ID Muestra:		P2				Profundidad:		100		cm
Norma:		AASHTO T 89 2013				Coordenadas:		17		704724 9896845
Número de Golpes	11		24		32		43			
Identificación de Cápsula	8A J82	15	31A	60	21A	32I	36	12I		
Peso de Cápsula	10.97	11.44	11.33	10.84	11.10	11.20	11.25	10.97	g	
Peso de muestra húmeda + cápsula	18.23	18.17	17.24	17.83	16.67	16.68	18.09	16.51	g	
Peso de muestra seca + cápsula	16.77	16.83	16.14	16.57	15.69	15.74	16.92	15.57	g	
Peso del agua	1.46	1.34	1.10	1.26	0.98	0.94	1.17	0.94	g	
Peso de la muestra seca	5.80	5.39	4.81	5.73	4.59	4.54	5.67	4.60	g	
Contenido de humedad (ω)	25.17	24.86	22.87	21.99	21.35	20.70	20.63	20.43	%	
Promedio de contenido de humedad (ω)	25.02		22.43		21.03		20.53			
Límite Líquido (LL)	22.19									

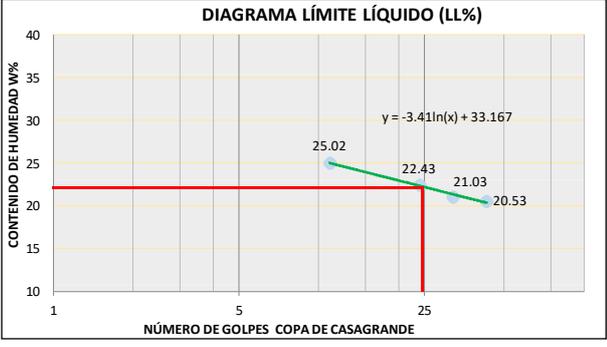


DIAGRAMA LÍMITE LÍQUIDO (LL%)

CONTENIDO DE HUMEDAD W%

$y = -3.41\ln(x) + 33.167$

NÚMERO DE GOLPES COPA DE CASAGRANDE

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 115: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE) 	
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."	
Vía: Santa Cecilia - Puenbo Chico	Capa Vegetal: 5 cm
ID Muestra: P3	Profundidad: 100 cm
Norma: AASHTO T 89 2013	Coordenadas: 17 706349 9895808
Número de Golpes	10 23 30 37
Identificación de Cápsula	1 2 3 4 5 6 7 8
Peso de Cápsula	12.10 12.57 12.46 11.97 12.23 12.33 12.38 12.10 g
Peso de muestra húmeda + cápsula	19.39 19.33 18.40 18.99 17.83 17.84 19.25 17.67 g
Peso de muestra seca + cápsula	17.20 17.81 17.03 17.26 16.67 16.45 17.90 16.55 g
Peso del agua	2.19 1.52 1.37 1.73 1.16 1.39 1.35 1.12 g
Peso de la muestra seca	5.10 5.24 4.57 5.29 4.44 4.12 5.52 4.45 g
Contenido de humedad (ω)	42.94 29.01 29.98 32.70 26.13 33.74 24.46 25.17 %
Promedio de contenido de humedad (ω)	35.97 31.34 29.93 24.81 %
Límite Líquido (LL)	29.72 %

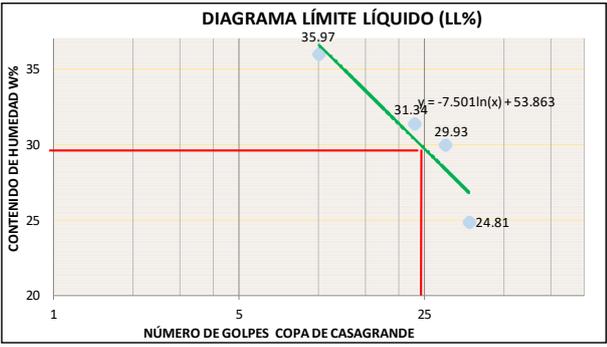
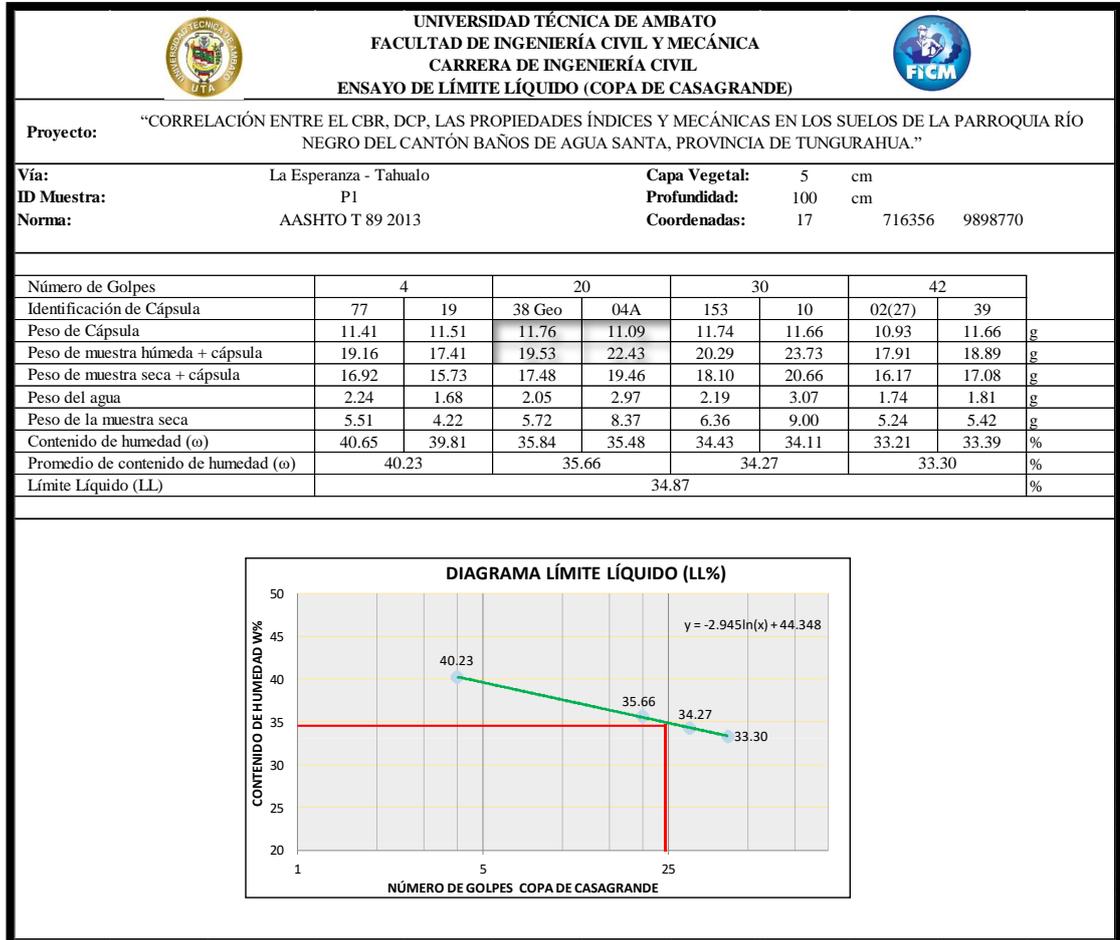


DIAGRAMA LÍMITE LÍQUIDO (LL%)

Y = -7.501ln(x) + 53.863

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 116: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 4



Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 117: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE)									
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."									
Vía:	La Esperanza - Tahuayo	Capa Vegetal:	5 cm						
ID Muestra:	P2	Profundidad:	100 cm						
Norma:	AASHTO T 89 2013	Coordenadas:	17 716830 9900219						
Número de Golpes	5		24		29		41		
Identificación de Cápsula	36	35	31	32I	79	37	6	27I	
Peso de Cápsula	11.28	11.29	12.81	11.23	11.32	11.38	10.88	10.66	g
Peso de muestra húmeda + cápsula	18.73	19.11	20.64	18.79	18.45	20.24	20.90	21.35	g
Peso de muestra seca + cápsula	16.74	16.48	18.46	16.67	16.51	17.82	18.27	18.58	g
Peso del agua	1.99	2.63	2.18	2.12	1.94	2.42	2.63	2.77	g
Peso de la muestra seca	5.46	5.19	5.65	5.44	5.19	6.44	7.39	7.92	g
Contenido de humedad (ω)	36.45	50.67	38.58	38.97	37.38	37.58	35.59	34.97	%
Promedio de contenido de humedad (ω)	43.56		38.78		37.48		35.28		%
Límite Líquido (LL)	37.84								%

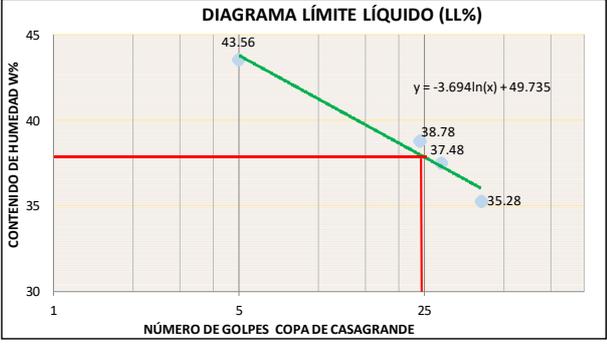


DIAGRAMA LÍMITE LÍQUIDO (LL%)

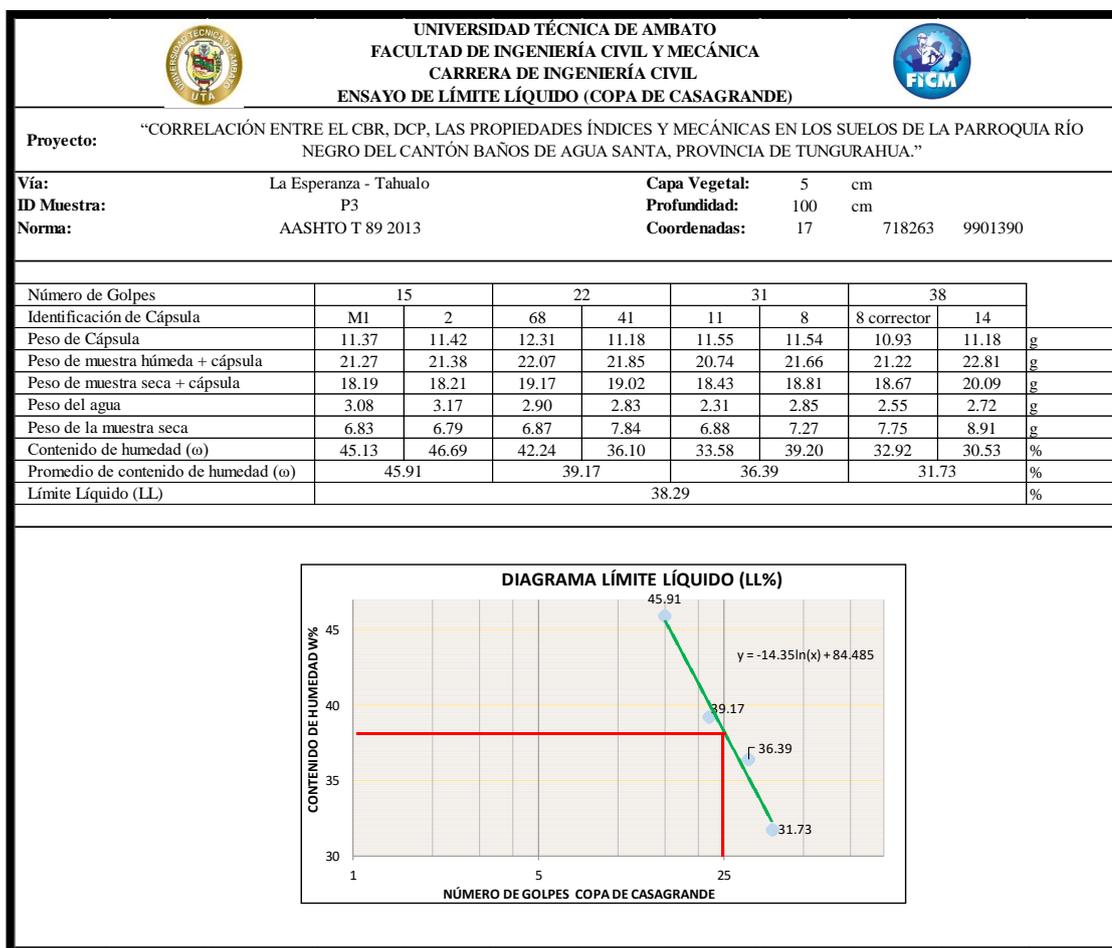
CONTENIDO DE HUMEDAD W%

NÚMERO DE GOLPES COPA DE CASAGRANDE

$y = -3.694\ln(x) + 49.735$

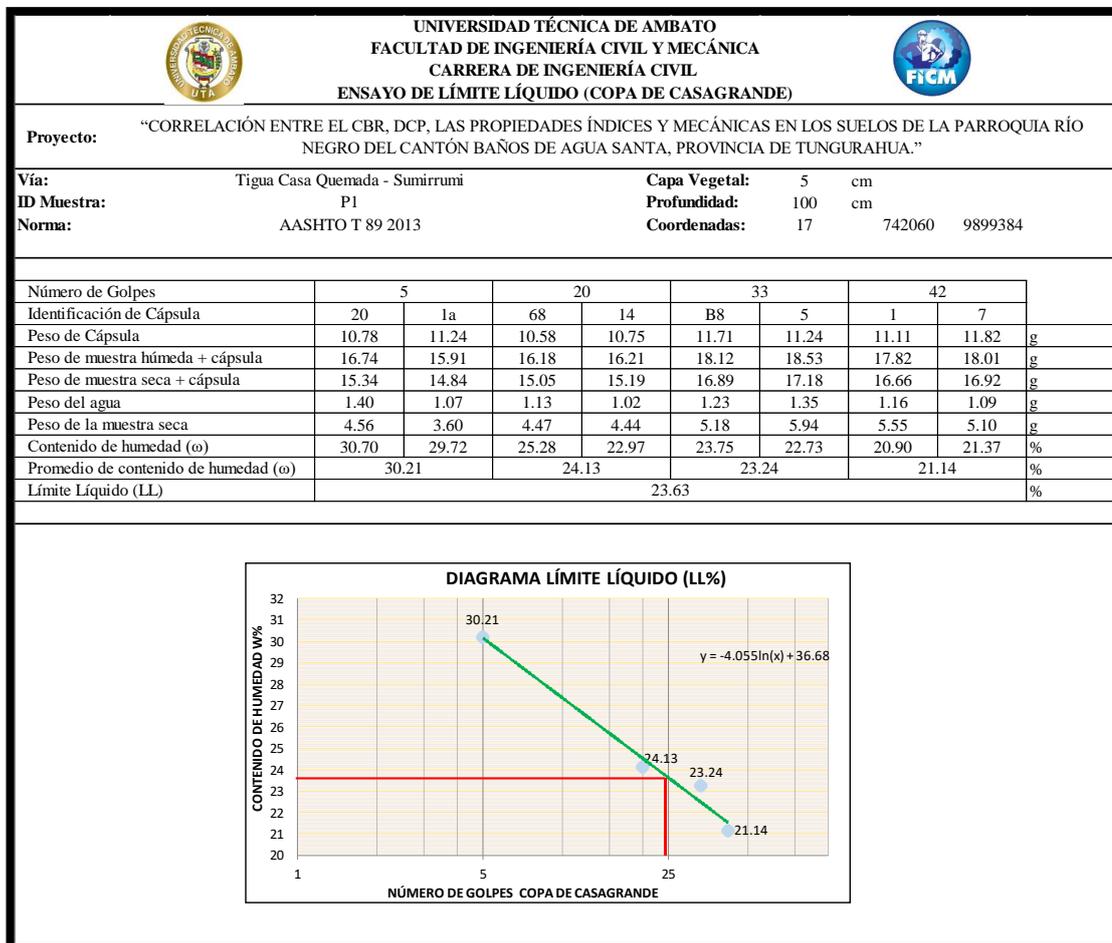
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 118: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 6



Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 119: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 7



Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 120: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 8

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE)		
				Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."				
Vía:	Tigua Casa Quemada - Sumirrumi			Capa Vegetal:	5 cm			
ID Muestra:	P2			Profundidad:	100 cm			
Norma:	AASHTO T 89 2013			Coordenadas:	17	740770	9899384	
Número de Golpes	11		22		27		39	
Identificación de Cápsula	J11	45	20	17	AL0	G10	30	1A
Peso de Cápsula	11.47	11.71	10.62	11.53	11.20	11.10	11.44	11.82 g
Peso de muestra húmeda + cápsula	21.34	18.42	14.22	14.02	15.20	16.02	15.06	15.36 g
Peso de muestra seca + cápsula	18.59	16.67	13.30	13.38	14.20	14.76	14.19	14.52 g
Peso del agua	2.75	1.75	0.92	0.64	1.00	1.26	0.87	0.84 g
Peso de la muestra seca	7.12	4.96	2.68	1.85	3.00	3.66	2.75	2.70 g
Contenido de humedad (ω)	38.62	35.28	34.33	34.59	33.33	34.43	31.64	31.11 %
Promedio de contenido de humedad (ω)	36.95		34.46		33.88		31.37	
Límite Líquido (LL)	33.72							%

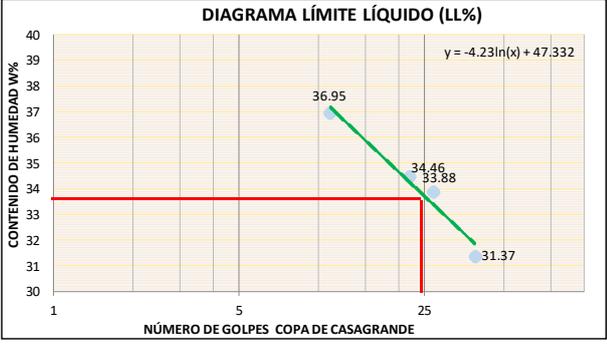


DIAGRAMA LÍMITE LÍQUIDO (LL%)

Contenido de Humedad W% vs. Número de Golpes Copa de Casagrande

Ecuación de la curva: $y = -4.23\ln(x) + 47.332$

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 121: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 9

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO (COPA DE CASAGRANDE)									
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."									
Vía:	Tigua Casa Quemada - Sumirrumi	Capa Vegetal:	5 cm						
ID Muestra:	P3	Profundidad:	100 cm						
Norma:	AASHTO T 89 2013	Coordenadas:	17 738745 9900053						
Número de Golpes	8		19		28		38		
Identificación de Cápsula	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Peso de Cápsula	10.95	11.21	10.57	11.33	11.04	12.01	11.24	11.37	g
Peso de muestra húmeda + cápsula	17.21	18.44	16.66	16.98	19.06	20.15	18.63	18.75	g
Peso de muestra seca + cápsula	15.64	16.76	15.28	15.71	17.30	18.36	17.02	17.20	g
Peso del agua	1.57	1.68	1.38	1.27	1.76	1.79	1.61	1.55	g
Peso de la muestra seca	4.69	5.55	4.71	4.38	6.26	6.35	5.78	5.83	g
Contenido de humedad (ω)	33.48	30.27	29.30	29.00	28.12	28.19	27.85	26.59	%
Promedio de contenido de humedad (ω)	31.87		29.15		28.15		27.22		%
Límite Líquido (LL)	28.44								%

DIAGRAMA LÍMITE LÍQUIDO (LL%)

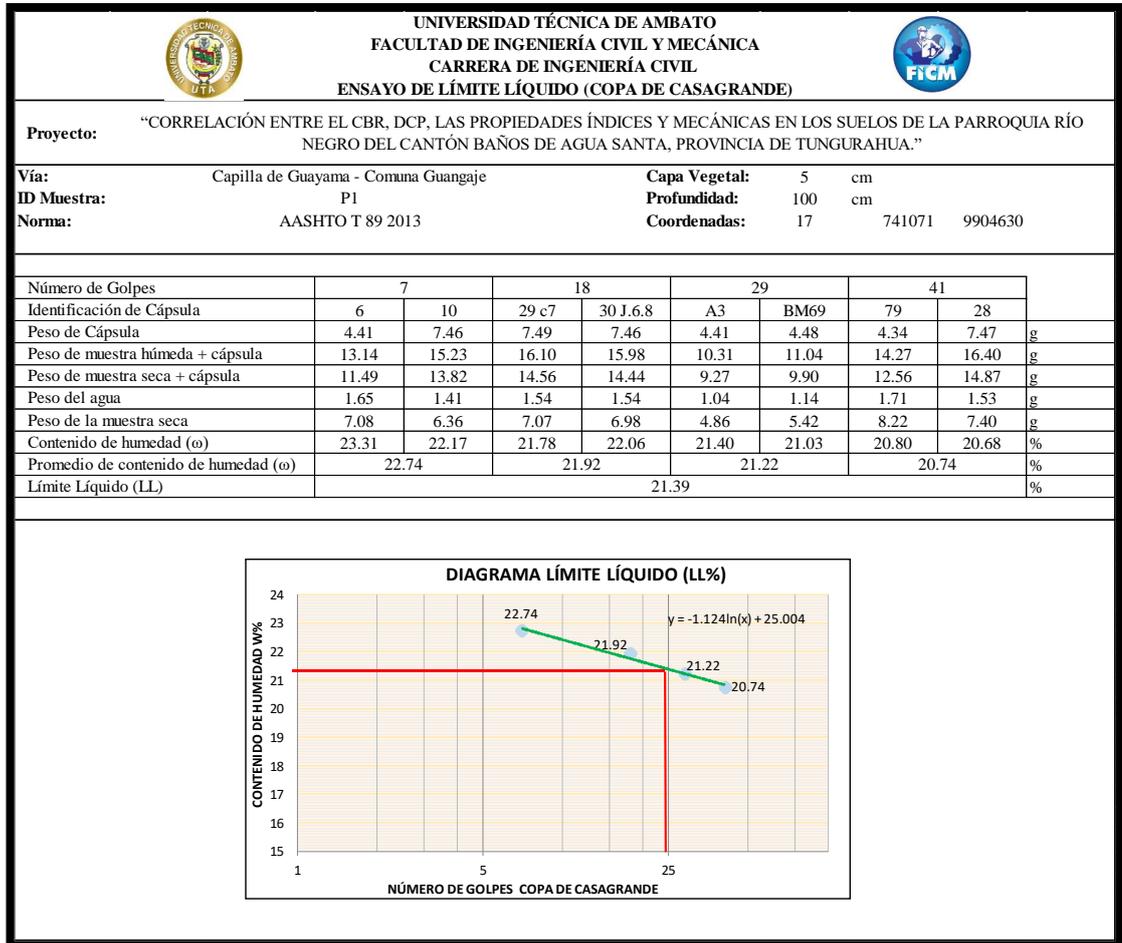
CONTENIDO DE HUMEDAD W%

NÚMERO DE GOLPES COPA DE CASAGRANDE

$y = -2.975\ln(x) + 38.02$

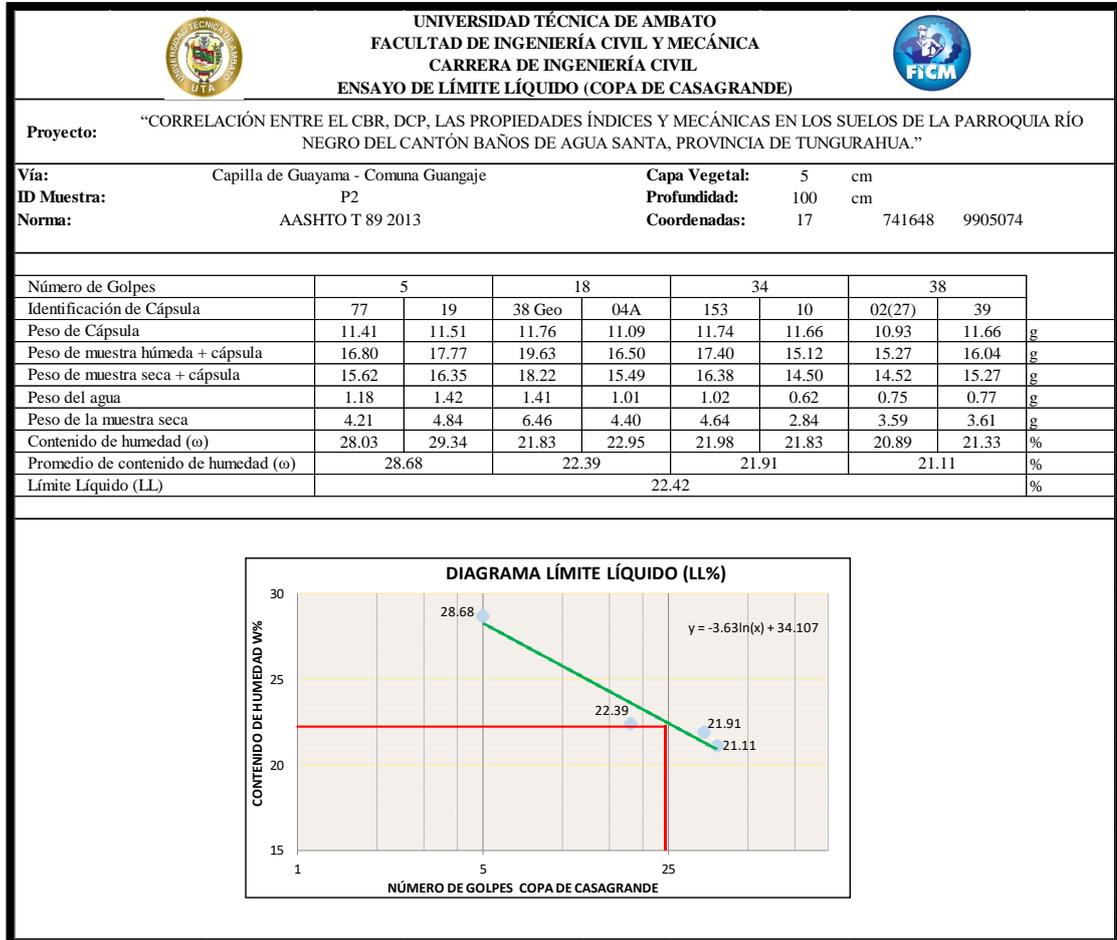
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 122: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 10



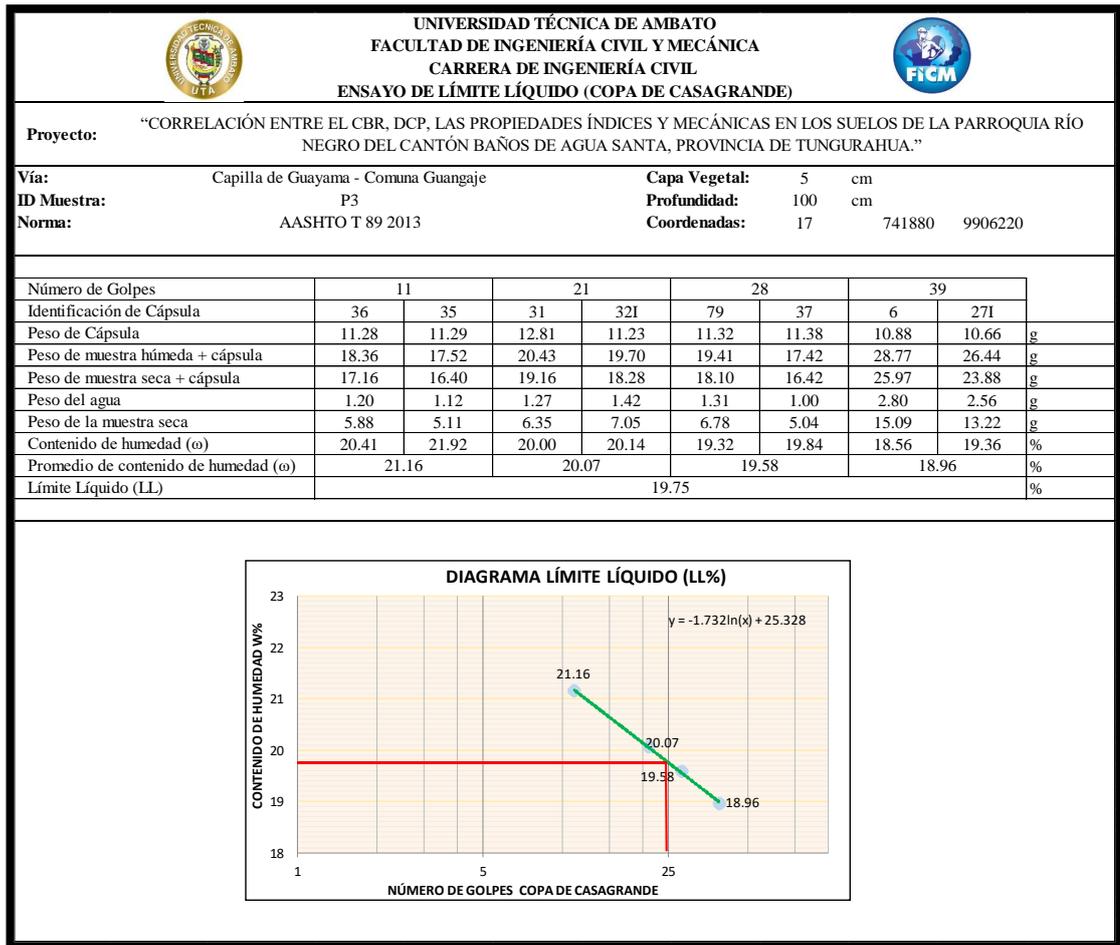
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 123: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 11



Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 124: Ensayo límite líquido (copa de Casagrande), muestra 12



Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Límite Plástico

Tabla 125: Ensayo límite plástico, muestra 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO 																																																																														
Proyecto: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”																																																																														
Vía:	Santa Cecilia - Puenbo Chico																																																																													
ID Muestra:	P1																																																																													
Norma:	AASHTO T90 2016																																																																													
Capa Vegetal:	5 cm																																																																													
Profundidad:	100 cm																																																																													
Coordenadas:	17 703482 9897856																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Recipiente Número</th> <th style="width: 10%;">1</th> <th style="width: 10%;">5</th> <th style="width: 10%;">2ET</th> <th style="width: 10%;">BM1</th> <th style="width: 10%;">BM2</th> <th style="width: 10%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso muestra húmeda + recipiente</td> <td>11.39</td> <td>11.34</td> <td>11.12</td> <td>11.38</td> <td>11.35</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca + recipiente</td> <td>11.20</td> <td>11.13</td> <td>10.95</td> <td>11.16</td> <td>11.15</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua</td> <td>0.19</td> <td>0.21</td> <td>0.17</td> <td>0.22</td> <td>0.20</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente</td> <td>10.74</td> <td>10.53</td> <td>10.62</td> <td>10.52</td> <td>10.62</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca</td> <td>0.46</td> <td>0.60</td> <td>0.33</td> <td>0.64</td> <td>0.53</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (ω)</td> <td>41.30</td> <td>35.00</td> <td>51.52</td> <td>34.38</td> <td>37.74</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> <tr> <td>Promedio contenido de humedad (ω)</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">39.99</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> <tr> <td>Límite Plástico (Lp)</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">39.99</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> <tr> <td>Límite Líquido (LL)</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">42.13</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> <tr> <td>Índice Plástico (IP)</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">2.14</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> </tbody> </table>		Recipiente Número	1	5	2ET	BM1	BM2		Peso muestra húmeda + recipiente	11.39	11.34	11.12	11.38	11.35	g	Peso muestra seca + recipiente	11.20	11.13	10.95	11.16	11.15	g	Peso del agua	0.19	0.21	0.17	0.22	0.20	g	Peso del recipiente	10.74	10.53	10.62	10.52	10.62	g	Peso de la muestra seca	0.46	0.60	0.33	0.64	0.53	g	Contenido de humedad (ω)	41.30	35.00	51.52	34.38	37.74	%	Promedio contenido de humedad (ω)	39.99					%	Límite Plástico (Lp)	39.99					%	Límite Líquido (LL)	42.13					%	Índice Plástico (IP)	2.14					%
Recipiente Número	1	5	2ET	BM1	BM2																																																																									
Peso muestra húmeda + recipiente	11.39	11.34	11.12	11.38	11.35	g																																																																								
Peso muestra seca + recipiente	11.20	11.13	10.95	11.16	11.15	g																																																																								
Peso del agua	0.19	0.21	0.17	0.22	0.20	g																																																																								
Peso del recipiente	10.74	10.53	10.62	10.52	10.62	g																																																																								
Peso de la muestra seca	0.46	0.60	0.33	0.64	0.53	g																																																																								
Contenido de humedad (ω)	41.30	35.00	51.52	34.38	37.74	%																																																																								
Promedio contenido de humedad (ω)	39.99					%																																																																								
Límite Plástico (Lp)	39.99					%																																																																								
Límite Líquido (LL)	42.13					%																																																																								
Índice Plástico (IP)	2.14					%																																																																								

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 126: Ensayo límite plástico, muestra 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO 																																																																														
Proyecto: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”																																																																														
Vía:	Santa Cecilia - Puenbo Chico																																																																													
ID Muestra:	P2																																																																													
Norma:	AASHTO T90 2016																																																																													
Capa Vegetal:	5 cm																																																																													
Profundidad:	100 cm																																																																													
Coordenadas:	17 704724 9896845																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Recipiente Número</th> <th style="width: 10%;">79I</th> <th style="width: 10%;">19</th> <th style="width: 10%;">83</th> <th style="width: 10%;">10A</th> <th style="width: 10%;">11J</th> <th style="width: 10%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso muestra húmeda + recipiente</td> <td>6.72</td> <td>6.83</td> <td>8.72</td> <td>8.43</td> <td>8.17</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca + recipiente</td> <td>6.61</td> <td>6.68</td> <td>8.30</td> <td>8.25</td> <td>8.03</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua</td> <td>0.11</td> <td>0.15</td> <td>0.42</td> <td>0.18</td> <td>0.14</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente</td> <td>5.98</td> <td>6.03</td> <td>6.15</td> <td>7.38</td> <td>7.36</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca</td> <td>0.63</td> <td>0.65</td> <td>2.15</td> <td>0.87</td> <td>0.67</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (ω)</td> <td>17.46</td> <td>23.08</td> <td>19.53</td> <td>20.69</td> <td>20.90</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> <tr> <td>Promedio contenido de humedad (ω)</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">20.33</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> <tr> <td>Límite Plástico (Lp)</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">20.33</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> <tr> <td>Límite Líquido (LL)</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">22.19</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> <tr> <td>Índice Plástico (IP)</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">1.86</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> </tbody> </table>		Recipiente Número	79I	19	83	10A	11J		Peso muestra húmeda + recipiente	6.72	6.83	8.72	8.43	8.17	g	Peso muestra seca + recipiente	6.61	6.68	8.30	8.25	8.03	g	Peso del agua	0.11	0.15	0.42	0.18	0.14	g	Peso del recipiente	5.98	6.03	6.15	7.38	7.36	g	Peso de la muestra seca	0.63	0.65	2.15	0.87	0.67	g	Contenido de humedad (ω)	17.46	23.08	19.53	20.69	20.90	%	Promedio contenido de humedad (ω)	20.33					%	Límite Plástico (Lp)	20.33					%	Límite Líquido (LL)	22.19					%	Índice Plástico (IP)	1.86					%
Recipiente Número	79I	19	83	10A	11J																																																																									
Peso muestra húmeda + recipiente	6.72	6.83	8.72	8.43	8.17	g																																																																								
Peso muestra seca + recipiente	6.61	6.68	8.30	8.25	8.03	g																																																																								
Peso del agua	0.11	0.15	0.42	0.18	0.14	g																																																																								
Peso del recipiente	5.98	6.03	6.15	7.38	7.36	g																																																																								
Peso de la muestra seca	0.63	0.65	2.15	0.87	0.67	g																																																																								
Contenido de humedad (ω)	17.46	23.08	19.53	20.69	20.90	%																																																																								
Promedio contenido de humedad (ω)	20.33					%																																																																								
Límite Plástico (Lp)	20.33					%																																																																								
Límite Líquido (LL)	22.19					%																																																																								
Índice Plástico (IP)	1.86					%																																																																								

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 127: Ensayo límite plástico, muestra 3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO						
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."						
Vía:	Santa Cecilia - Puenbo Chico	Capa Vegetal:	5 cm			
ID Muestra:	P3	Profundidad:	100 cm			
Norma:	AASHTO T90 2016	Coordenadas:	17 706349 9895808			
Recipiente Número	17	b12	b13	b14	b15	
Peso muestra húmeda + recipiente	9.11	9.18	11.12	10.83	10.57	g
Peso muestra seca + recipiente	8.91	8.98	10.60	10.55	10.33	g
Peso del agua	0.20	0.20	0.52	0.28	0.24	g
Peso del recipiente	8.18	8.23	8.35	9.58	9.56	g
Peso de la muestra seca	0.73	0.75	2.25	0.97	0.77	g
Contenido de humedad (ω)	27.40	26.67	23.11	28.87	31.17	%
Promedio contenido de humedad (ω)	27.44					%
Límite Plástico (Lp)	27.44					%
Límite Líquido (LL)	29.72					%
Índice Plástico (IP)	2.28					%

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 128: Ensayo límite plástico, muestra 4

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO						
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."						
Vía:	La Esperanza - Tahualo	Capa Vegetal:	5 cm			
ID Muestra:	P1	Profundidad:	100 cm			
Norma:	AASHTO T90 2016	Coordenadas:	17 716356 9898770			
Recipiente Número	4AL	P7	1AL	5	104M	
Peso muestra húmeda + recipiente	11.11	11.42	11.58	11.10	11.26	g
Peso muestra seca + recipiente	10.98	11.27	11.41	11.04	11.14	g
Peso del agua	0.13	0.15	0.17	0.06	0.12	g
Peso del recipiente	10.48	10.63	10.75	10.70	10.68	g
Peso de la muestra seca	0.50	0.64	0.66	0.34	0.46	g
Contenido de humedad (ω)	26.00	23.44	25.76	17.65	26.09	%
Promedio contenido de humedad (ω)	23.16					%
Límite Plástico (Lp)	23.16					%
Límite Líquido (LL)	34.87					%
Índice Plástico (IP)	11.70					%

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 129: Ensayo límite plástico, muestra 5

 		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO				
Proyecto:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."					
Vía:	La Esperanza - Tahualo	Capa Vegetal:	5	cm		
ID Muestra:	P2	Profundidad:	100	cm		
Norma:	AASHTO T90 2016	Coordenadas:	17	716830	9900219	
Recipiente Número	10	80	1AL	3AL	4AI	
Peso muestra húmeda + recipiente	11.46	11.24	11.20	11.27	11.30	g
Peso muestra seca + recipiente	11.33	11.15	11.13	11.12	11.13	g
Peso del agua	0.13	0.09	0.07	0.15	0.17	g
Peso del recipiente	10.72	10.74	10.75	10.65	10.55	g
Peso de la muestra seca	0.61	0.41	0.38	0.47	0.58	g
Contenido de humedad (ω)	21.31	21.95	18.42	31.91	29.31	%
Promedio contenido de humedad (ω)	24.58					%
Límite Plástico (Lp)	24.58					%
Límite Líquido (LL)	37.84					%
Índice Plástico (IP)	13.26					%

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 130: Ensayo límite plástico, muestra 6

 		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO				
Proyecto:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."					
Vía:	La Esperanza - Tahualo	Capa Vegetal:	5	cm		
ID Muestra:	P3	Profundidad:	100	cm		
Norma:	AASHTO T90 2016	Coordenadas:	17	718263	9901390	
Recipiente Número	2A	P3B	P6A	PI	45C	
Peso muestra húmeda + recipiente	12.33	12.37	12.43	12.23	12.32	g
Peso muestra seca + recipiente	12.20	12.25	12.31	12.12	12.18	g
Peso del agua	0.13	0.12	0.12	0.11	0.15	g
Peso del recipiente	11.64	11.73	11.79	11.72	11.66	g
Peso de la muestra seca	0.56	0.52	0.52	0.40	0.52	g
Contenido de humedad (ω)	23.42	22.86	23.08	25.93	27.88	%
Promedio contenido de humedad (ω)	24.63					%
Límite Plástico (Lp)	24.63					%
Límite Líquido (LL)	38.29					%
Índice Plástico (IP)	13.66					%

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 131: Ensayo límite plástico, muestra 7

 																																																																														
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO																																																																														
Proyecto:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”																																																																													
Vía:	Tigua Casa Quemada - Sumirrumi																																																																													
ID Muestra:	P1																																																																													
Norma:	AASHTO T90 2016																																																																													
Capa Vegetal:	5 cm																																																																													
Profundidad:	100 cm																																																																													
Coordenadas:	17 742060 9899384																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Recipiente Número</th> <th>1</th> <th>5</th> <th>2ET</th> <th>BM1</th> <th>BM2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso muestra húmeda + recipiente</td> <td>11.43</td> <td>11.41</td> <td>10.96</td> <td>11.37</td> <td>11.26</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca + recipiente</td> <td>11.30</td> <td>11.27</td> <td>10.90</td> <td>11.22</td> <td>11.14</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua</td> <td>0.13</td> <td>0.14</td> <td>0.06</td> <td>0.15</td> <td>0.12</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente</td> <td>10.72</td> <td>10.55</td> <td>10.59</td> <td>10.51</td> <td>10.62</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca</td> <td>0.58</td> <td>0.72</td> <td>0.31</td> <td>0.71</td> <td>0.52</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (ω)</td> <td>22.41</td> <td>19.44</td> <td>19.35</td> <td>21.13</td> <td>23.08</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Promedio contenido de humedad (ω)</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">21.08</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite Plástico (Lp)</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">21.08</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite Líquido (LL)</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">23.63</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Índice Plástico (IP)</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">2.54</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>	Recipiente Número	1	5	2ET	BM1	BM2		Peso muestra húmeda + recipiente	11.43	11.41	10.96	11.37	11.26	g	Peso muestra seca + recipiente	11.30	11.27	10.90	11.22	11.14	g	Peso del agua	0.13	0.14	0.06	0.15	0.12	g	Peso del recipiente	10.72	10.55	10.59	10.51	10.62	g	Peso de la muestra seca	0.58	0.72	0.31	0.71	0.52	g	Contenido de humedad (ω)	22.41	19.44	19.35	21.13	23.08	%	Promedio contenido de humedad (ω)	21.08					%	Límite Plástico (Lp)	21.08					%	Límite Líquido (LL)	23.63					%	Índice Plástico (IP)	2.54					%	
Recipiente Número	1	5	2ET	BM1	BM2																																																																									
Peso muestra húmeda + recipiente	11.43	11.41	10.96	11.37	11.26	g																																																																								
Peso muestra seca + recipiente	11.30	11.27	10.90	11.22	11.14	g																																																																								
Peso del agua	0.13	0.14	0.06	0.15	0.12	g																																																																								
Peso del recipiente	10.72	10.55	10.59	10.51	10.62	g																																																																								
Peso de la muestra seca	0.58	0.72	0.31	0.71	0.52	g																																																																								
Contenido de humedad (ω)	22.41	19.44	19.35	21.13	23.08	%																																																																								
Promedio contenido de humedad (ω)	21.08					%																																																																								
Límite Plástico (Lp)	21.08					%																																																																								
Límite Líquido (LL)	23.63					%																																																																								
Índice Plástico (IP)	2.54					%																																																																								

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 132: Ensayo límite plástico, muestra 8

 																																																																														
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO																																																																														
Proyecto:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”																																																																													
Vía:	Tigua Casa Quemada - Sumirrumi																																																																													
ID Muestra:	P2																																																																													
Norma:	AASHTO T90 2016																																																																													
Capa Vegetal:	5 cm																																																																													
Profundidad:	100 cm																																																																													
Coordenadas:	17 740770 9899384																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Recipiente Número</th> <th>4AL</th> <th>42</th> <th>41D</th> <th>24</th> <th>2C</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso muestra húmeda + recipiente</td> <td>11.09</td> <td>10.92</td> <td>11.43</td> <td>11.23</td> <td>11.25</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca + recipiente</td> <td>10.95</td> <td>10.86</td> <td>11.28</td> <td>11.11</td> <td>11.13</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua</td> <td>0.14</td> <td>0.06</td> <td>0.15</td> <td>0.12</td> <td>0.12</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente</td> <td>10.47</td> <td>10.64</td> <td>10.76</td> <td>10.69</td> <td>10.67</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca</td> <td>0.48</td> <td>0.22</td> <td>0.52</td> <td>0.42</td> <td>0.46</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (ω)</td> <td>29.17</td> <td>27.27</td> <td>28.85</td> <td>28.57</td> <td>26.09</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Promedio contenido de humedad (ω)</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">27.99</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite Plástico (Lp)</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">27.99</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite Líquido (LL)</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">33.72</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Índice Plástico (IP)</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">5.73</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>	Recipiente Número	4AL	42	41D	24	2C		Peso muestra húmeda + recipiente	11.09	10.92	11.43	11.23	11.25	g	Peso muestra seca + recipiente	10.95	10.86	11.28	11.11	11.13	g	Peso del agua	0.14	0.06	0.15	0.12	0.12	g	Peso del recipiente	10.47	10.64	10.76	10.69	10.67	g	Peso de la muestra seca	0.48	0.22	0.52	0.42	0.46	g	Contenido de humedad (ω)	29.17	27.27	28.85	28.57	26.09	%	Promedio contenido de humedad (ω)	27.99					%	Límite Plástico (Lp)	27.99					%	Límite Líquido (LL)	33.72					%	Índice Plástico (IP)	5.73					%	
Recipiente Número	4AL	42	41D	24	2C																																																																									
Peso muestra húmeda + recipiente	11.09	10.92	11.43	11.23	11.25	g																																																																								
Peso muestra seca + recipiente	10.95	10.86	11.28	11.11	11.13	g																																																																								
Peso del agua	0.14	0.06	0.15	0.12	0.12	g																																																																								
Peso del recipiente	10.47	10.64	10.76	10.69	10.67	g																																																																								
Peso de la muestra seca	0.48	0.22	0.52	0.42	0.46	g																																																																								
Contenido de humedad (ω)	29.17	27.27	28.85	28.57	26.09	%																																																																								
Promedio contenido de humedad (ω)	27.99					%																																																																								
Límite Plástico (Lp)	27.99					%																																																																								
Límite Líquido (LL)	33.72					%																																																																								
Índice Plástico (IP)	5.73					%																																																																								

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 133: Ensayo límite plástico, muestra 9

 	
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO	
Proyecto:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”
Vía:	Tigua Casa Quemada - Sumirrumi
ID Muestra:	P3
Norma:	AASHTO T90 2016
Capa Vegetal:	5 cm
Profundidad:	100 cm
Coordenadas:	17 738745 9900053
Recipiente Número	791 19 83 10A 11J
Peso muestra húmeda + recipiente	6.61 6.46 6.71 8.16 7.80
Peso muestra seca + recipiente	6.49 6.38 6.60 8.01 7.71
Peso del agua	0.12 0.08 0.11 0.15 0.09
Peso del recipiente	5.97 6.04 6.14 7.39 7.35
Peso de la muestra seca	0.52 0.34 0.46 0.62 0.36
Contenido de humedad (ω)	23.08 23.53 23.91 24.19 25.00
Promedio contenido de humedad (ω)	23.94
Límite Plástico (Lp)	23.94
Límite Líquido (LL)	28.44
Índice Plástico (IP)	4.50

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 134: Ensayo límite plástico, muestra 10

 	
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO	
Proyecto:	“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”
Vía:	Capilla de Guayama - Comuna Guangaje
ID Muestra:	P1
Norma:	AASHTO T90 2016
Capa Vegetal:	5 cm
Profundidad:	100 cm
Coordenadas:	17 741071 9904630
Recipiente Número	10 80 1AL 3AL 4AI
Peso muestra húmeda + recipiente	12.05 11.80 12.03 11.56 11.68
Peso muestra seca + recipiente	11.83 11.63 11.81 11.41 11.50
Peso del agua	0.22 0.17 0.22 0.15 0.18
Peso del recipiente	10.71 10.73 10.70 10.64 10.55
Peso de la muestra seca	1.12 0.90 1.11 0.77 0.95
Contenido de humedad (ω)	19.64 18.89 19.82 19.48 18.95
Promedio contenido de humedad (ω)	19.36
Límite Plástico (Lp)	19.36
Límite Líquido (LL)	21.39
Índice Plástico (IP)	2.03

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 135: Ensayo límite plástico, muestra 11

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO </div> 						
Proyecto: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”						
Vía:	ipilla de Guayama - Comuna Guanga			Capa Vegetal:	5	cm
ID Muestra:	P2			Profundidad:	100	cm
Norma:	AASHTO T90 2016			Coordenadas:	17	741648 9905074
Recipiente Número	17	b12	b13	b14	b15	
Peso muestra húmeda + recipiente	8.83	9.20	9.75	10.78	10.78	g
Peso muestra seca + recipiente	8.72	9.03	9.50	10.57	10.57	g
Peso del agua	0.11	0.17	0.25	0.21	0.21	g
Peso del recipiente	8.16	8.22	8.28	9.58	9.56	g
Peso de la muestra seca	0.56	0.81	1.22	0.99	1.01	g
Contenido de humedad (ω)	19.64	20.99	20.49	21.21	20.79	%
Promedio contenido de humedad (ω)	20.63					%
Límite Plástico (Lp)	20.63					%
Límite Líquido (LL)	22.42					%
Índice Plástico (IP)	1.80					%

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 136: Ensayo límite plástico, muestra 12

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO </div> 						
Proyecto: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”						
Vía:	Capilla de Guayama - Comuna Guangaje			Capa Vegetal:	5	cm
ID Muestra:	P3			Profundidad:	100	cm
Norma:	AASHTO T90 2016			Coordenadas:	17	741880 9906220
Recipiente Número	2A	P3B	P6A	P1	45C	
Peso muestra húmeda + recipiente	12.43	12.61	12.13	12.68	12.58	g
Peso muestra seca + recipiente	12.30	12.47	12.07	12.53	12.44	g
Peso del agua	0.13	0.14	0.06	0.15	0.14	g
Peso del recipiente	11.63	11.73	11.79	11.72	11.66	g
Peso de la muestra seca	0.67	0.74	0.28	0.82	0.78	g
Contenido de humedad (ω)	19.40	18.79	21.43	18.40	17.83	%
Promedio contenido de humedad (ω)	19.17					%
Límite Plástico (Lp)	19.17					%
Límite Líquido (LL)	19.75					%
Índice Plástico (IP)	0.58					%

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

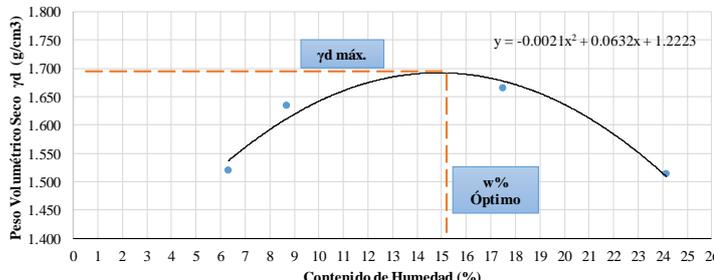
Proctor Modificado Método B

Tabla 137: Ensayo Proctor modificado método B, muestra 1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO "B")										
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."										
Vía:		Santa Cecilia - Puembo Chico				Capa Vegetal:		5		cm
ID Muestra:		P1				Profundidad:		100		cm
Norma:		AASHTO T 180 2018				Coordenadas:		17		703482 9897856
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR										
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	14186	g				
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2320.26	cm ³				
Energía de Compactación	55986		lb pie/pie ³	Øint	15	h	13.13	cm		
Peso Inicial Deseado	6000		6000	6000	6000		g			
PROCESO DE COMPACTACIÓN										
Ensayo Número	1		2	3	4					
Humedad inicial añadida	10%		17%	21%	31%		%			
P. molde+Suelo húmedo	17473		17862	18220	18216		g			
Peso suelo húmedo Wm	3287		3676	4034	4030		g			
Peso unitario húmedo γm	1.417		1.584	1.739	1.737		g/cm ³			
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD										
Recipiente número	st1	st2	st3	st4	st8	55	st6	6		
Peso del recipiente Wr	19.53	19.44	17.01	15.21	17.73	14.56	16.95	13.66	g	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	85.84	84.16	65.14	62.02	74.14	70.86	100.40	97.17	g	
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	79.39	79.21	57.98	55.81	63.46	60.11	79.93	76.58	g	
Peso de la muestra seca (Ws)	59.86	59.77	40.97	40.60	45.73	45.55	62.98	62.92	g	
Peso del agua (Ww)	6.45	4.95	7.16	6.21	10.68	10.75	20.47	20.59	g	
Contenido de humedad (ω)	10.78	8.28	17.48	15.30	23.35	23.60	32.50	32.72	%	
Promedio contenido de humedad (ω)	9.53		16.39	23.48		32.61		%		
Peso Volumétrico Seco γd	1.293		1.361	1.408		1.310		g/cm ³		
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA										
Cont. Humedad promedio ω				22.5				%		
Peso Volumétrico Seco γd				1.408				g/cm ³		
RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD										

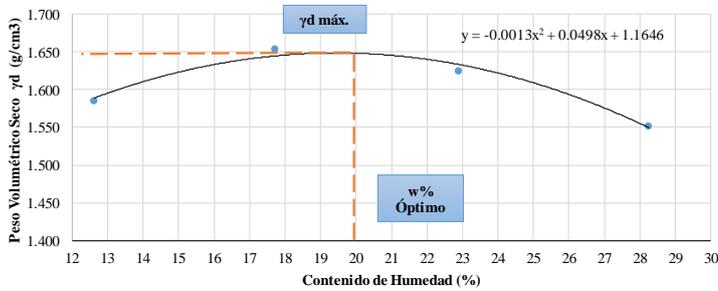
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 138: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 2

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO "B") </div>  </div>										
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."										
Vía: Santa Cecilia - Puenbo Chico			Capa Vegetal: 5 cm							
ID Muestra: P2			Profundidad: 100 cm							
Norma: AASHTO T 180 2018			Coordenadas: 17 704724 9896845							
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR										
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	13981	g				
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2320.26	cm ³				
Energía de Compactación	55986		lb pie/pie ³	Øint	15	h	13.13	cm		
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000		6000	g		
PROCESO DE COMPACTACIÓN										
Ensayo Número	1	2	3	4						
Humedad inicial añadida	4%	8%	16%	24%						
P. molde+Suelo húmedo	17731	18105	18522	18341						
Peso suelo húmedo Wm	3750	4124	4541	4360						
Peso unitario húmedo γm	1.616	1.777	1.957	1.879						
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD										
Recipiente número	3	20	16	18	12	55	5	6		
Peso del recipiente Wr	48.22	49.12	48.58	50.15	50.38	48.76	51.50	49.33	g	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	249.70	141.05	174.88	176.10	143.64	133.13	216.50	190.94	g	
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	240.40	134.41	164.80	166.02	130.37	120.03	186.03	162.05	g	
Peso de la muestra seca (Ws)	192.18	85.29	116.22	115.87	79.99	71.27	134.53	112.72	g	
Peso del agua (Ww)	9.30	6.64	10.08	10.08	13.27	13.10	30.47	28.89	g	
Contenido de humedad (ω)	4.84	7.79	8.67	8.70	16.59	18.38	22.65	25.63	%	
Promedio contenido de humedad (ω)	6.31		8.69		17.49		24.14			
Peso Volumétrico Seco γd	1.520		1.635		1.666		1.514			
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA										
Cont. Humedad promedio ω					15.05					%
Peso Volumétrico Seco γd					1.698					g/cm ³
RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD										
										

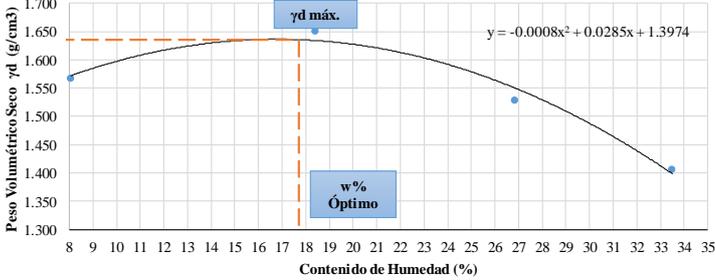
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 139: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 3

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO "B") </div>  </div>									
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."									
Vía: Santa Cecilia - Puembo Chico			Capa Vegetal: 5 cm						
ID Muestra: P3			Profundidad: 100 cm						
Norma: AASHTO T 180 2018			Coordenadas: 17 706349 9895808						
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	13452	g			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2286,94	cm ³			
Energía de Compactación	55986		lb pie ³	Øint	15.13	h	12.72	cm	
Peso Inicial Deseado	5000	5000	5000	5000	5000	g			
PROCESO DE COMPACTACIÓN									
Ensayo Número	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida	10%	15%	20%	25%					
P. molde+Suelo húmedo	17536	17904	18018	18005					
Peso suelo húmedo Wm	4084	4452	4566	4553					
Peso unitario húmedo γm	1.786	1.947	1.997	1.991	g/cm ³				
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD									
Recipiente número	9	1A	7	82	1	2	86	102	
Peso del recipiente Wr	31.57	32.43	32.68	30.55	30.02	30.47	34.32	32.13	g
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	149.31	156.44	160.07	201.26	142.55	136.71	238.78	257.99	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	135.60	143.10	140.80	175.70	121.60	116.90	193.40	208.60	g
Peso de la muestra seca (Ws)	104.03	110.67	108.12	145.15	91.58	86.43	159.08	176.47	g
Peso del agua (Ww)	13.71	13.34	19.27	25.56	20.95	19.81	45.38	49.39	g
Contenido de humedad (ω)	13.18	12.05	17.82	17.61	22.88	22.92	28.53	27.99	%
Promedio contenido de humedad (ω)	12.62		17.72		22.90		28.26		
Peso Volumétrico Seco γd	1.586		1.654		1.625		1.552		
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA									
Cont. Humedad promedio ω				19.15				%	
Peso Volumétrico Seco γd				1.642				g/cm ³	
RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD									
									

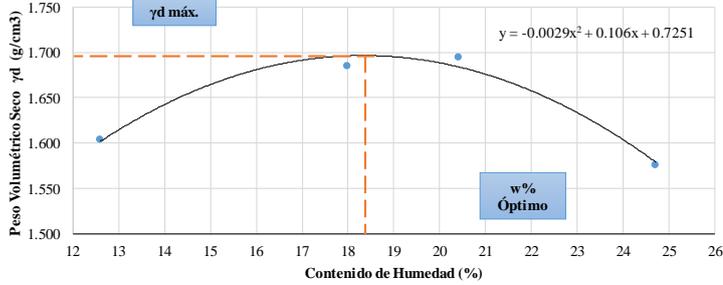
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 140: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 4

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO "B") </div>  </div>										
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."										
Vía:		#iREF!			Capa Vegetal:		5 cm			
ID Muestra:		#iREF!			Profundidad:		100 cm			
Norma:		AASHTO T 180 2018			Coordenadas:		17 716356 9898770			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR										
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	13981	g				
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2247,81	cm³				
Energía de Compactación	55986		lb pie/pie³	Øint	15	h	12,72	cm		
Peso Inicial Deseado	6000		6000	6000		6000 g				
PROCESO DE COMPACTACIÓN										
Ensayo Número	1	2	3	4						
Humedad inicial añadida	7%	14%	21%	28%						
P. molde+Suelo húmedo	17789	18374	18342	18203						
Peso suelo húmedo Wm	3808	4393	4361	4222						
Peso unitario húmedo γm	1.694	1.954	1.940	1.878						
									g/cm³	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD										
Recipiente número	50	105	89s	97	92	102	64	V2		
Peso del recipiente Wr	31.17	30.93	31.79	33.18	33.13	32.22	30.73	31.14	g	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	100.30	107.91	127.68	137.40	134.20	136.64	59.95	73.78	g	
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	95.15	102.15	112.93	121.01	112.93	114.39	52.48	63.28	g	
Peso de la muestra seca (Ws)	63.98	71.22	81.14	87.83	79.80	82.17	21.75	32.14	g	
Peso del agua (Ww)	5.15	5.76	14.75	16.39	21.27	22.25	7.47	10.50	g	
Contenido de humedad (ω)	8.05	8.09	18.18	18.66	26.65	27.08	34.34	32.67	%	
Promedio contenido de humedad (ω)	8.07		18.42		26.87		33.51			
Peso Volumétrico Seco γd	1.568		1.650		1.529		1.407			
									g/cm³	
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA										
Cont. Humedad promedio ω					17.81					%
Peso Volumétrico Seco γd					1.648					g/cm³
RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD										
										

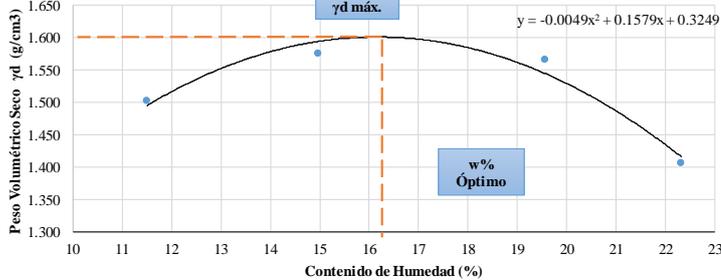
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 141: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 5

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO "B") </div>  </div>									
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."									
Vía:	La Esperanza - Tahualo				Capa Vegetal:	5 cm			
ID Muestra:	P2				Profundidad:	100 cm			
Norma:	AASHTO T 180 2018				Coordenadas:	17 716830 9900219			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR									
Número de Golpes	56	Altura de Caída		18"	Peso del Molde		14191	g	
Número de Capas	5	Peso del Martillo		10 lb	Volumen del Molde		2297.29	cm ³	
Energía de Compactación	55986			lb pie ³	Øint	15	h	13	cm
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000		6000		
PROCESO DE COMPACTACIÓN									
Ensayo Número	1		2		3		4		
Humedad inicial añadida	8%		13%		15%		18%		
P. molde+Suelo húmedo	18340		18760		18881		18707.05		
Peso suelo húmedo Wm	4149		4569		4690		4516.05		
Peso unitario húmedo γm	1.806		1.989		2.042		1.966		
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD									
Recipiente número	104	102	B5 Lim 1	36j	72	17	60	13	
Peso del recipiente Wr	30.08	25.20	30.37	28.10	30.79	27.34	31.01	33.14	g
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	133.65	133.02	128.66	126.42	115.77	113.28	113.63	116.80	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	121.68	121.34	114.53	110.60	101.59	98.47	97.41	100.08	g
Peso de la muestra seca (Ws)	91.60	96.14	84.16	82.50	70.80	71.13	66.40	66.94	g
Peso del agua (Ww)	11.97	11.68	14.13	15.82	14.18	14.81	16.22	16.72	g
Contenido de humedad (ω)	13.07	12.15	16.79	19.18	20.03	20.82	24.43	24.98	%
Promedio contenido de humedad (ω)	12.61		17.98		20.42		24.70		
Peso Volumétrico Seco γd	1.604		1.686		1.695		1.576		
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA									
Cont. Humedad promedio ω					18.28				
Peso Volumétrico Seco γd					1.694				
RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD									
									

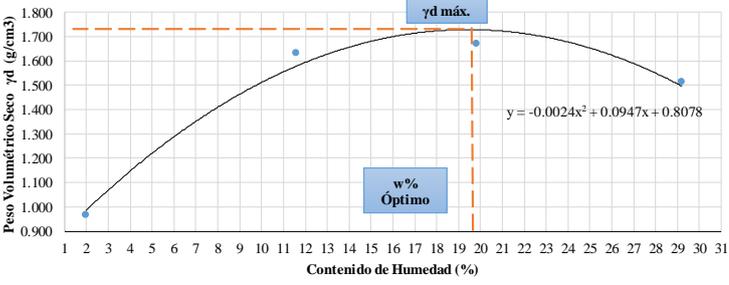
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 142: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 6

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO "B") </div> 										
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."										
Vía:	La Esperanza - Tahualo				Capa Vegetal:	5	cm			
ID Muestra:	P3				Profundidad:	100	cm			
Norma:	AASHTO T 180 2018				Coordenadas:	17	718263	9901390		
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR										
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	14191	g				
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2215.81	cm ³				
Energía de Compactación	55986		lb pie/pie ³	Øint	14.78	h	12.915	cm		
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	6000				
PROCESO DE COMPACTACIÓN										
Ensayo Número	1	2	3	4						
Humedad inicial añadida	9%	12%	15%	18%						
P. molde+Suelo húmedo	17902	18204	18340	18001						
Peso suelo húmedo Wm	3711	4013	4149	3810						
Peso unitario húmedo γm	1.675	1.811	1.872	1.719						
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD										
Recipiente número	8	7	a1	B12	JR3	C1	T2	AL1		
Peso del recipiente Wr	32.30	32.06	32.92	34.31	34.26	33.35	31.86	32.27	g	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	163.14	152.47	132.62	153.48	186.66	196.41	125.47	136.88	g	
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	150.24	139.51	119.42	138.21	160.21	171.39	108.01	118.23	g	
Peso de la muestra seca (Ws)	117.94	107.45	86.50	103.90	125.95	138.04	76.15	85.96	g	
Peso del agua (Ww)	12.90	12.96	13.20	15.27	26.45	25.02	17.46	18.65	g	
Contenido de humedad (ω)	10.94	12.06	15.26	14.70	21.00	18.13	22.93	21.70	%	
Promedio contenido de humedad (ω)	11.50		14.98		19.56		22.31			
Peso Volumétrico Seco γd	1.502		1.575		1.566		1.406			
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA										
Cont. Humedad promedio ω					16.11					%
Peso Volumétrico Seco γd					1.597					g/cm ³
RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD										
										

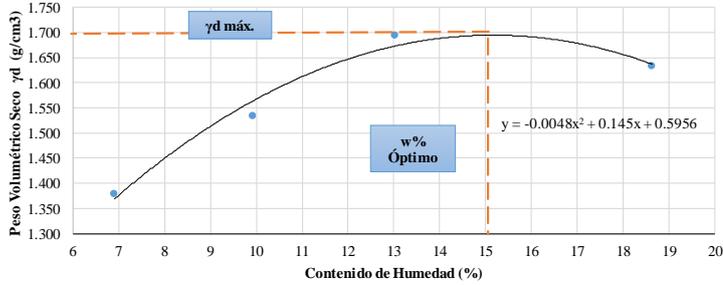
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 143: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 7

 						
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO "B")						
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."						
Vía: Tigua Casa Quemada - Sumirrumi ID Muestra: P1 Norma: AASHTO T 180 2018	Capa Vegetal: 5 cm Profundidad: 100 cm Coordenadas: 17 742060 9899384					
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR						
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	13976	g
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2261.94	cm ³
Energía de Compactación	55986	lb pie/pie ³	Øint	15	h	12.8
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	g
PROCESO DE COMPACTACIÓN						
Ensayo Número	1	2	3	4		
Humedad inicial añadida	0%	9%	18%	27%		%
P. molde+Suelo húmedo	16212	18102	18504	18400		g
Peso suelo húmedo Wm	2236	4126	4528	4424		g
Peso unitario húmedo γm	0.989	1.824	2.002	1.956		g/cm ³
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD						
Recipiente número	st1	st2	st3	st4	st8	55
Peso del recipiente Wr	19.54	19.44	17.01	15.21	17.73	14.56
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	96.60	77.38	78.44	53.02	68.27	66.78
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	95.13	76.23	71.90	49.19	59.93	58.11
Peso de la muestra seca (Ws)	75.59	56.79	54.89	33.98	42.20	43.55
Peso del agua (Ww)	1.47	1.15	6.54	3.83	8.34	8.67
Contenido de humedad (ω)	1.94	2.03	11.91	11.27	19.76	19.91
Promedio contenido de humedad (ω)	1.98	11.59	19.84	29.18		
Peso Volumétrico Seco γd	0.969	1.635	1.670	1.514		
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA						
Cont. Humedad promedio ω				19.73		%
Peso Volumétrico Seco γd				1.742		g/cm ³
RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD						
						

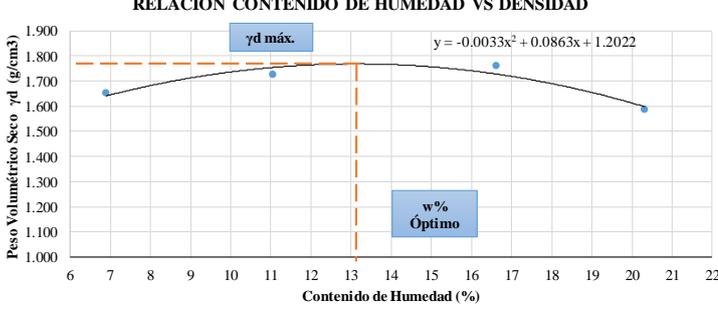
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 144: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 8

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO "B") </div>  </div>									
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."									
Vía: Tigua Casa Quemada - Sumirrumi			Capa Vegetal: 5 cm						
ID Muestra: P2			Profundidad: 100 cm						
Norma: AASHTO T 180 2018			Coordenadas: 17 740770 9899384						
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	13976	g			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2261.94	cm ³			
Energía de Compactación	55986		lb pie ³	Øint	15	h	12.8	cm	
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	6000			
PROCESO DE COMPACTACIÓN									
Ensayo Número	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida	5%	10%	15%	20%					
P. molde+Suelo húmedo	17311	17792	18310	18357					
Peso suelo húmedo Wm	3335	3816	4334	4381					
Peso unitario húmedo γm	1.474	1.687	1.916	1.937					
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD									
Recipiente número	50	105	89s	97	92	102	64	V2	
Peso del recipiente Wr	31.17	30.93	31.79	33.18	33.13	32.22	30.73	31.14	g
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	116.88	165.58	57.82	92.02	71.51	99.75	86.27	107.21	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	111.91	156.02	55.45	86.75	67.06	92.01	77.33	95.57	g
Peso de la muestra seca (Ws)	80.74	125.09	23.66	53.57	33.93	59.79	46.60	64.43	g
Peso del agua (Ww)	4.97	9.56	2.37	5.27	4.45	7.74	8.94	11.64	g
Contenido de humedad (ω)	6.16	7.64	10.02	9.84	13.12	12.95	19.18	18.07	%
Promedio contenido de humedad (ω)	6.90		9.93		13.03		18.63		
Peso Volumétrico Seco γd	1.379		1.535		1.695		1.633		
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA									
Cont. Humedad promedio ω				15.1				%	
Peso Volumétrico Seco γd				1.691				g/cm ³	
RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD									
									

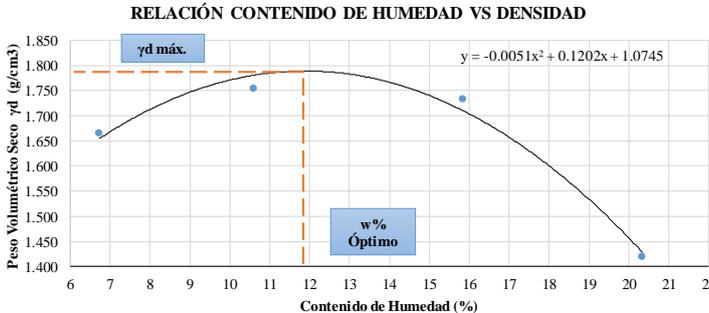
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 145: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 10

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO "B") </div>  </div>										
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."										
Vía: Tigua Casa Quemada - Sumirrumi			Capa Vegetal: 5 cm							
ID Muestra: P3			Profundidad: 100 cm							
Norma: AASHTO T 180 2018			Coordenadas: 17 738745 9900053							
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR										
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	12790	g				
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2261.94	cm ³				
Energía de Compactación	55986		lb pie ³	Øint	15	h	12.8	cm		
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	6000	g			
PROCESO DE COMPACTACIÓN										
Ensayo Número	1	2	3	4						
Humedad inicial añadida	5%	10%	15%	20%						
P. molde+Suelo húmedo	16785	17124	17430	17102						
Peso suelo húmedo Wm	3995	4334	4640	4312						
Peso unitario húmedo γm	1.766	1.916	2.051	1.906	g/cm ³					
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD										
Recipiente número	3	20	16	18	12	55	5	6		
Peso del recipiente Wr	48.22	49.12	48.58	50.15	50.38	48.76	51.5	49.33	g	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	73.20	106.48	109.98	101.27	93.50	95.80	157.08	242.73	g	
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	71.64	102.66	104.09	95.99	87.57	88.87	141.33	206.44	g	
Peso de la muestra seca (Ws)	23.42	53.54	55.51	45.84	37.19	40.11	89.83	157.11	g	
Peso del agua (Ww)	1.56	3.82	5.89	5.28	5.93	6.93	15.75	36.29	g	
Contenido de humedad (ω)	6.66	7.13	10.61	11.52	15.95	17.28	17.53	23.10	%	
Promedio contenido de humedad (ω)	6.90		11.06		16.61		20.32			
Peso Volumétrico Seco γd	1.652		1.725		1.759		1.584			
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA										
Cont. Humedad promedio ω					13.08					%
Peso Volumétrico Seco γd					1.766					g/cm ³
RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD										
										

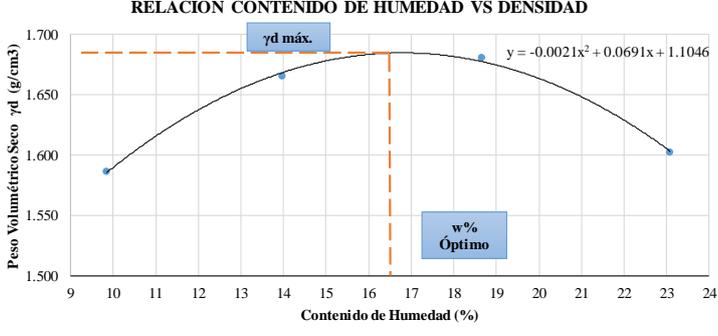
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 146: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 11

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO "B") </div> 									
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."									
Vía: Capilla de Guayama - Comuna Guangaje		Capa Vegetal: 5 cm		Profundidad: 100 cm		Coordenadas: 17 741071 9904630			
ID Muestra: P1									
Norma: AASHTO T 180 2018									
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	13930	g			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2210.88	cm ³			
Energía de Compactación	55986		lb pie/pie ³	Øint	15.19	h	12.2	cm	
Peso Inicial Deseado	5000	5000	5000	5000	5000	5000			
PROCESO DE COMPACTACIÓN									
Ensayo Número	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida	5%	10%	14%	18%					
P. molde+Suelo húmedo	17860	18221	18370	17708					
Peso suelo húmedo Wm	3930	4291	4440	3778					
Peso unitario húmedo γm	1.778	1.941	2.008	1.709					
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD									
Recipiente número	8	7	a1	B12	JR3	C1	T2	AL1	
Peso del recipiente Wr	32.3	32.06	32.92	34.31	34.26	33.35	31.86	32.27	g
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	141.88	132.01	97.11	111.33	111.42	125.47	143.61	172.69	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	134.66	125.98	90.72	104.24	100.58	113.21	125.01	148.60	g
Peso de la muestra seca (Ws)	102.36	93.92	57.80	69.93	66.32	79.86	93.15	116.33	g
Peso del agua (Ww)	7.22	6.03	6.39	7.09	10.84	12.26	18.60	24.09	g
Contenido de humedad (ω)	7.05	6.42	11.06	10.14	16.34	15.35	19.97	20.71	%
Promedio contenido de humedad (ω)	6.74		10.60		15.85		20.34		
Peso Volumétrico Seco γd	1.665		1.755		1.734		1.420		
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA									
Cont. Humedad promedio ω					11.78				
Peso Volumétrico Seco γd					1.783				
RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD									
									

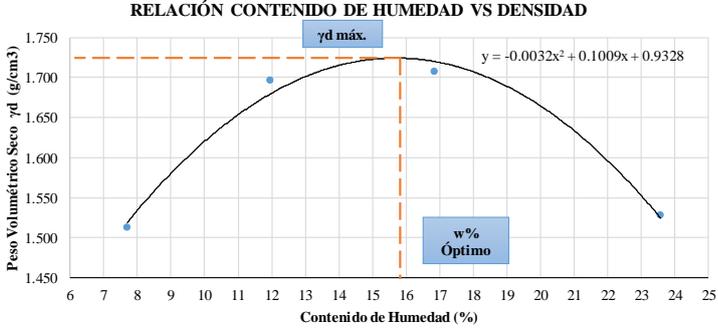
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 147: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 11

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO "B") </div>  </div>									
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."									
Vía: Capilla de Guayama - Comuna Guangaje			Capa Vegetal: 5 cm						
ID Muestra: P2			Profundidad: 100 cm						
Norma: AASHTO T 180 2018			Coordenadas: 17 741648 9905074						
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	13977	g			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2322.67	cm ³			
Energía de Compactación	55986		lb pie/pie ³	Øint	15.2	h	12.8	cm	
Peso Inicial Deseado	5000		5000	5000	5000		g		
PROCESO DE COMPACTACIÓN									
Ensayo Número	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida	5%	10%	15%	20%					
P. molde+Suelo húmedo	18024	18385	18607	18557					
Peso suelo húmedo Wm	4047	4408	4630	4580					
Peso unitario húmedo γm	1.742	1.898	1.993	1.972	g/cm ³				
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD									
Recipiente número	9	1A	7	82	1	2	86	102	
Peso del recipiente Wr	31.57	32.43	32.68	30.55	30.02	30.47	34.32	32.13	g
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	98.70	79.90	75.48	87.17	190.24	109.96	139.33	158.65	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	92.89	75.50	69.93	80.64	165.56	97.21	120.24	134.20	g
Peso de la muestra seca (Ws)	61.32	43.07	37.25	50.09	135.54	66.74	85.92	102.07	g
Peso del agua (Ww)	5.81	4.40	5.55	6.53	24.68	12.75	19.09	24.45	g
Contenido de humedad (ω)	9.47	10.22	14.90	13.04	18.21	19.10	22.22	23.95	%
Promedio contenido de humedad (ω)	9.85		13.97		18.66		23.09		
Peso Volumétrico Seco γd	1.586		1.665		1.680		1.602		
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA									
Cont. Humedad promedio ω					16.45				
Peso Volumétrico Seco γd					1.673				
RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD									
									

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 148: Ensayo Próctor modificado método B, muestra 12

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO "B") </div>  </div>										
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."										
Vía: Capilla de Guayama - Comuna Guangaje			Capa Vegetal: 5 cm							
ID Muestra: P3			Profundidad: 100 cm							
Norma: AASHTO T 180 2018			Coordenadas: 17 741880 9906220							
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR										
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	12687	g				
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2395.25	cm ³				
Energía de Compactación	55986		lb pie/pie ³	Øint	15.2	h	13.2	cm		
Peso Inicial Deseado	5000	5000	5000	5000	5000	g				
PROCESO DE COMPACTACIÓN										
Ensayo Número	1	2	3	4						
Humedad inicial añadida	5%	10%	15%	20%						
P. molde+Suelo húmedo	16588	17235	17464	17208						
Peso suelo húmedo Wm	3901	4548	4777	4521						
Peso unitario húmedo γm	1.629	1.899	1.994	1.887	g/cm ³					
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD										
Recipiente número	3	20	16	18	12	55	5	6		
Peso del recipiente Wr	48.22	49.12	48.58	50.15	50.38	48.76	51.5	49.33	g	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	108.94	93.68	122.60	121.69	98.53	96.70	112.98	143.53	g	
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	104.93	90.26	115.26	113.50	91.67	89.71	101.61	125.02	g	
Peso de la muestra seca (Ws)	56.71	41.14	66.68	63.35	41.29	40.95	50.11	75.69	g	
Peso del agua (Ww)	4.01	3.42	7.34	8.19	6.86	6.99	11.37	18.51	g	
Contenido de humedad (ω)	7.07	8.31	11.01	12.93	16.61	17.07	22.69	24.46	%	
Promedio contenido de humedad (ω)	7.69		11.97		16.84		23.57			
Peso Volumétrico Seco γd	1.512		1.696		1.707		1.527			
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA										
Cont. Humedad promedio ω					15.77					%
Peso Volumétrico Seco γd					1.728					g/cm ³
RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD										
										

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

CBR

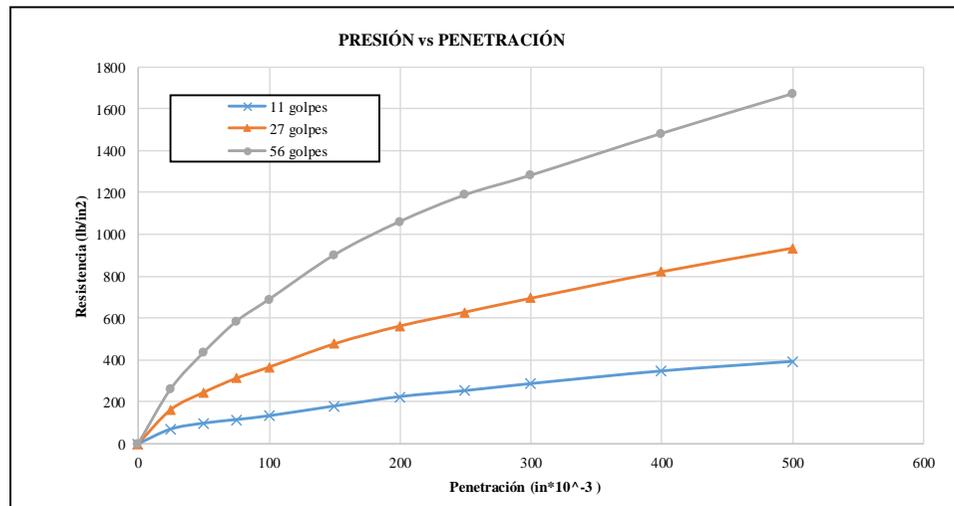
Tabla 149: Ensayo CBR, muestra 1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO PARA DETERMINAR CBR					
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."							
Vía:	Santa Cecilia - Puenbo Chico			Capa Vegetal:	5	cm	
ID Muestra:	P1			Profundidad:	100	cm	
Norma:	AASHTO T 193 - 2013			Coordenadas:	17	703482	9897856
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO							
Peso Muestra	5000	g		Densidad Máx. Seca	1.408		g/cm ³
Peso Martillo	10	lb		W% Óptimo	22.50		%
Altura de Caída	18	in					
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR							
DIMENSIONES	12		11		9		cm
	Diámetro	15.1	Diámetro	15.1	Diámetro	15.2	
	Altura	18	Altura	17.9	Altura	18	cm
Nº de Capas	5		5		5		
Nº de Golpes	56		27		11		
Peso Húmeda + Molde	14775		14220		13325		g
Peso Molde	9216		8732		8252		g
Peso de Muestra Húmeda	5559		5488		5073		g
Volumen Muestra	3223.41		3205.50		3266.25		cm ³
Peso unitario Húmedo γ _m	1.725		1.712		1.553		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	32	6	2	84	77	41	
Peso muestra húmeda + recipiente (W _m + W _r)	110.25	146.90	124.10	97.87	106.80	92.08	g
Peso muestra seca + recipiente (W _s + W _r)	96.88	125.80	106.64	85.60	92.80	80.75	g
Peso del agua (W _w)	13.37	21.10	17.46	12.27	14.00	11.33	g
Peso del recipiente (W _r)	36.40	34.40	30.70	30.90	30.90	31.10	g
Peso de la muestra seca (W _s)	60.48	91.40	75.94	54.70	61.90	49.65	g
Contenido de humedad (ω)	22.11	23.09	22.99	22.43	22.62	22.82	%
Promedio contenido de humedad (ω)	22.60		22.71		22.72		%
Peso Volumétrico Seco γ _d	1.407		1.395		1.266		g/cm ³
DESPÚES DE LA SATURACIÓN							
Peso Húmeda + Molde	14815		14205		13145		g
Peso Molde	9216		8732		8252		g
Peso de Muestra Húmeda	5599		5473		4893		g
Volumen Muestra	3223.41		3205.50		3266.25		cm ³
Peso unitario Húmedo γ _m	1.737		1.707		1.498		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	32	20	17	85	1	89	
Peso muestra húmeda + recipiente (W _m + W _r)	118.23	145.45	186.79	174.96	185.91	175.10	g
Peso muestra seca + recipiente (W _s + W _r)	100.52	122.74	155.45	147.34	152.48	146.80	g
Peso del agua (W _w)	17.71	22.71	31.34	27.62	33.43	28.30	g
Peso del recipiente (W _r)	26.50	24.70	31.10	33.20	32.20	31.80	g
Peso de la muestra seca (W _s)	74.02	98.04	124.35	114.14	120.28	115.00	g
Contenido de humedad (ω)	23.93	23.16	25.20	24.20	27.79	24.61	%
Promedio contenido de humedad (ω)	23.54		24.70		26.20		%

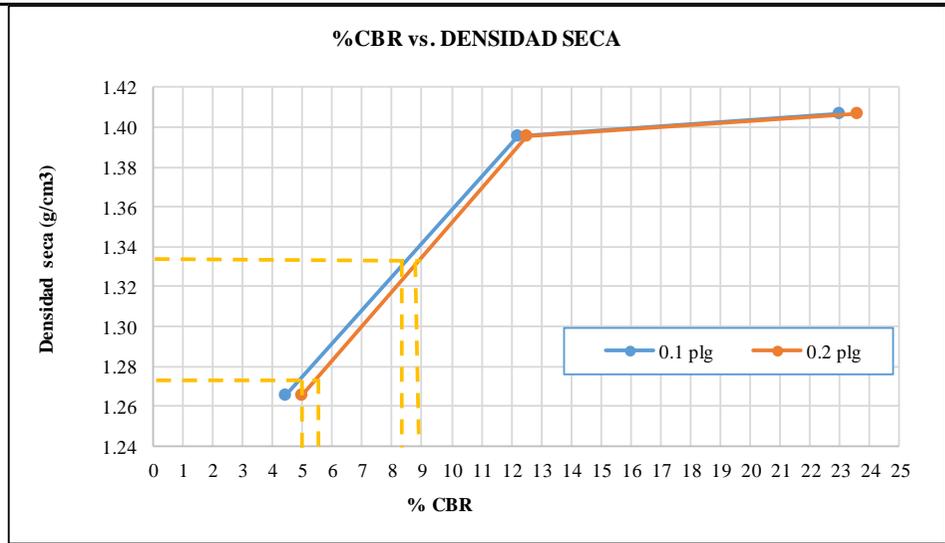
MÁQUINA DE COMPRESIÓN SIMPLE (CONTROLS)

Área de Pistón	3	in ²		Velocida de carga	1.270	mm/min
					0.05	in/min

PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/in ²)	MOLDEN° 1 (56 Golpes)				MOLDEN° 2 (27 Golpes)				MOLDEN° 3 (11 Golpes)			
mm	in *10-3		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
				Leída	Correg.			Leída	Correg.			Leída	Correg.	
0	0	1000	0	0	230.07	0	0	122.17	12.22	0	0	44.47	4.45	
0.64	25		263.1	87.7		163.5	54.5			70.1	23.4			
1.27	50		436.4	145.5		245.6	81.9			98.1	32.7			
1.91	75		584.9	195.0		313.3	104.4			115.2	38.4			
2.54	100		690.2	230.1		366.5	122.2			133.4	44.5			
3.81	150	1500	903.3	301.1	478.3	159.4	179.9	60.0	187.77	12.52	179.9	60.0	74.87	4.99
5.08	200		1062.4	354.1	563.3	187.8	224.6	74.9						
6.35	250		1190.1	396.7	630.2	210.1	253.3	84.4						
7.62	300		1283.6	427.9	696.3	232.1	286.6	95.5						
10.16	400		1483.6	494.5	823.1	274.4	346.8	115.6						
12.7	500	1673.2	557.7	936.2	312.1	392.2	130.7							



MOLDE		1	2	3
CBR %	0.1"	23.01	12.22	4.45
	0.2"	23.61	12.52	4.99
Densida Seca	g/cm3	1.407	1.395	1.266



Densidad seca máx :	1.408	g/cm3
---------------------	-------	-------

Densidad seca máx	% CBR-0,1 in	% CBR-0,2 in	MAYOR % CBR
90% DSM = 1.267	5	5.72	5.72
95% DSM= 1.338	8.5	9.0	9.0

9.0

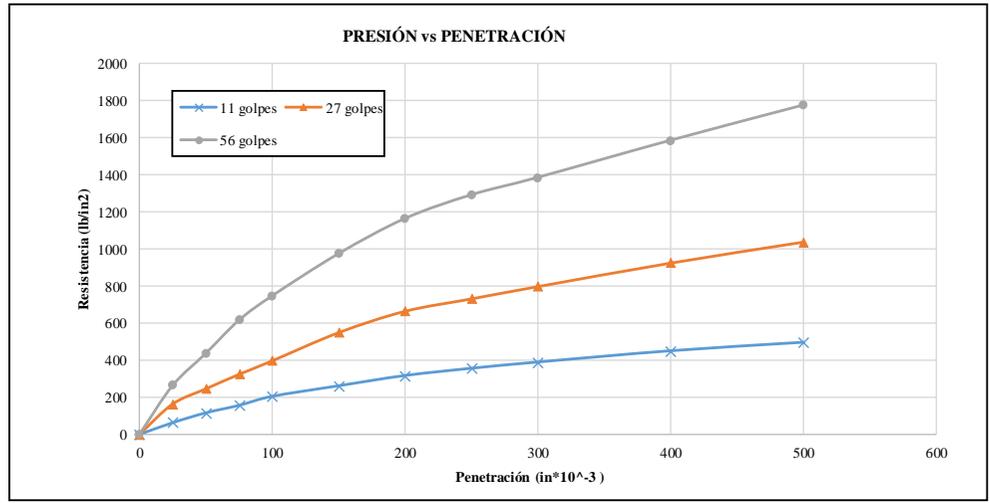
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 150: Ensayo CBR, muestra 2

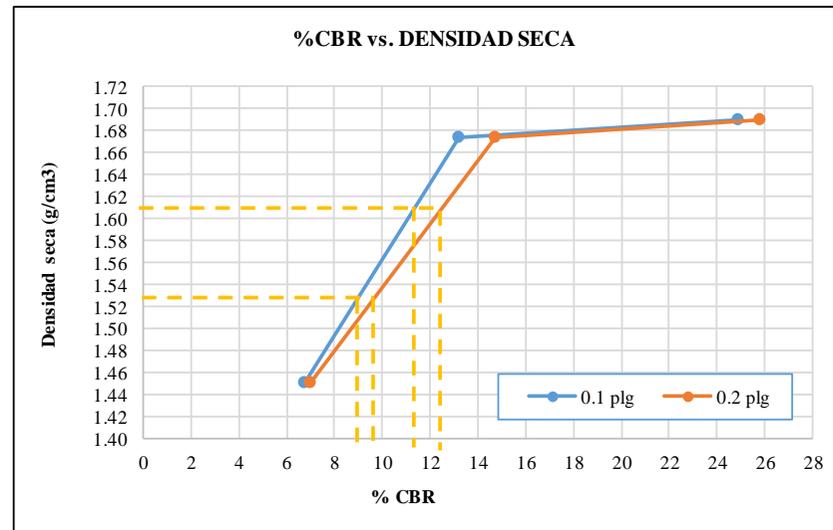
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO PARA DETERMINAR CBR					
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."							
Vía:	Santa Cecilia - Puenbo Chico			Capa Vegetal:	5	cm	
ID Muestra:	P2			Profundidad:	100	cm	
Norma:	AASHTO T 193 - 2013			Coordenadas:	17	741648	9905074
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO							
Peso Muestra	5000	g		Densidad Máx. Seca	1.698		g/cm ³
Peso Martillo	10	lb		W% Óptimo	15.05		%
Altura de Caída	18	in					
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR							
MOLDE	7*		7		5		
DIMENSIONES	Diámetro	15	Diámetro	15.1	Diámetro	15	cm
	Altura	18.1	Altura	17.8	Altura	17.9	cm
Nº de Capas	5		5		5		
Nº de Golpes	56		27		11		
Peso Húmeda + Molde	14518		14594		11733		g
Peso Molde	8299		8451		6460		g
Peso de Muestra Húmeda	6219		6143		5273		g
Volumen Muestra	3198.53		3187.60		3163.19		cm ³
Peso unitario Húmedo γ_m	1.944		1.927		1.667		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	35	17	1	85	78	52	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	164.13	141.66	154.37	152.64	91.54	104.84	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	146.75	127.10	138.30	136.90	83.50	95.40	g
Peso del agua (Ww)	17.38	14.56	16.07	15.74	8.04	9.44	g
Peso del recipiente (Wr)	31.10	31.10	32.20	33.20	30.90	31.00	g
Peso de la muestra seca (Ws)	115.65	96.00	106.10	103.70	52.60	64.40	g
Contenido de humedad (ω)	15.03	15.17	15.15	15.18	15.29	14.66	%
Promedio contenido de humedad (ω)	15.10		15.16		14.97		%
Peso Volumétrico Seco γ_d	1.689		1.673		1.450		g/cm ³
DESPÚES DE LA SATURACIÓN							
Peso Húmeda + Molde	14608		14773		11981		g
Peso Molde	8299		8451		6460		g
Peso de Muestra Húmeda	6309		6322		5521		g
Volumen Muestra	3198.53		3187.60		3163.19		cm ³
Peso unitario Húmedo γ_m	1.972		1.983		1.745		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	42	35	69	78	84	81	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	147.11	127.08	112.42	96.03	97.14	118.14	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	131.12	113.94	100.41	86.20	84.31	100.80	g
Peso del agua (Ww)	15.99	13.14	12.01	9.83	12.83	17.34	g
Peso del recipiente (Wr)	31.70	31.10	30.60	30.80	31.00	30.80	g
Peso de la muestra seca (Ws)	99.42	82.84	69.81	55.40	53.31	70.00	g
Contenido de humedad (ω)	16.08	15.86	17.20	17.74	24.07	24.77	%
Promedio contenido de humedad (ω)	15.97		17.47		24.42		%

MÁQUINA DE COMPRESIÓN SIMPLE (CONTROLS)

Área de Pistón	3	in ²		Velocida de carga	1.270	mm/min								
					0.05	in/min								
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/in ²)	MOLDEN ^o 1 (56 Golpes)				MOLDEN ^o 2 (27 Golpes)				MOLDEN ^o 3 (11 Golpes)			
mm	in *10-3		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
			Leída	Correg.			Leída	Correg.			Leída	Correg.		
0	0	1000	0	0	248.73	24.87	0	0	132.17	13.22	0	0	67.80	6.78
0.64	25		263.1	87.7			163.5	54.5			62.6	20.9		
1.27	50		436.4	145.5			245.6	81.9			115.3	38.4		
1.91	75		614.9	205.0			323.3	107.8			155.2	51.7		
2.54	100		746.2	248.7			396.5	132.2			203.4	67.8		
3.81	150		973.3	324.4			548.3	182.8			259.9	86.6		
5.08	200		1162.4	387.5			663.3	221.1			314.6	104.9		
6.35	250		1290.1	430.0			730.2	243.4			353.3	117.8		
7.62	300		1383.6	461.2			796.3	265.4			386.6	128.9		
10.16	400		1583.6	527.9			923.1	307.7			446.8	148.9		
12.7	500	1773.2	591.1	1036.2	345.4	492.2	164.1							
		1500			387.47	25.83			221.10	14.74			104.87	6.99



MOLDE		1	2	3
CBR %	0.1"	24.87	13.22	6.78
	0.2"	25.83	14.74	6.99
Densida Seca	g/cm3	1.689	1.673	1.450



Densidad seca máx :	1.698	gr/cm3
---------------------	-------	--------

Densidad seca máx	% CBR-0,1 in	% CBR-0,2 in	MAYOR % CBR
90% DSM = 1.528	9	8.8	9
95% DSM= 1.613	11.5	12.5	12.5

12.5

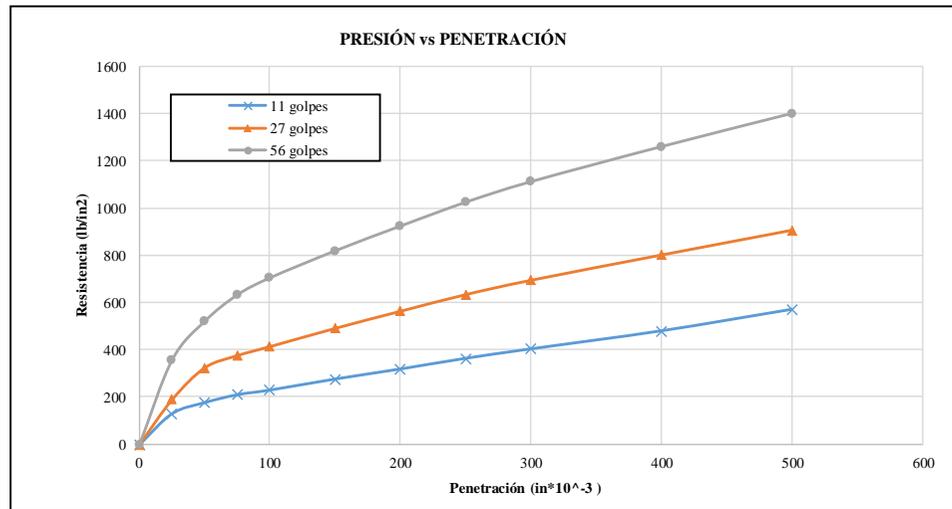
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 151: Ensayo CBR, muestra 3

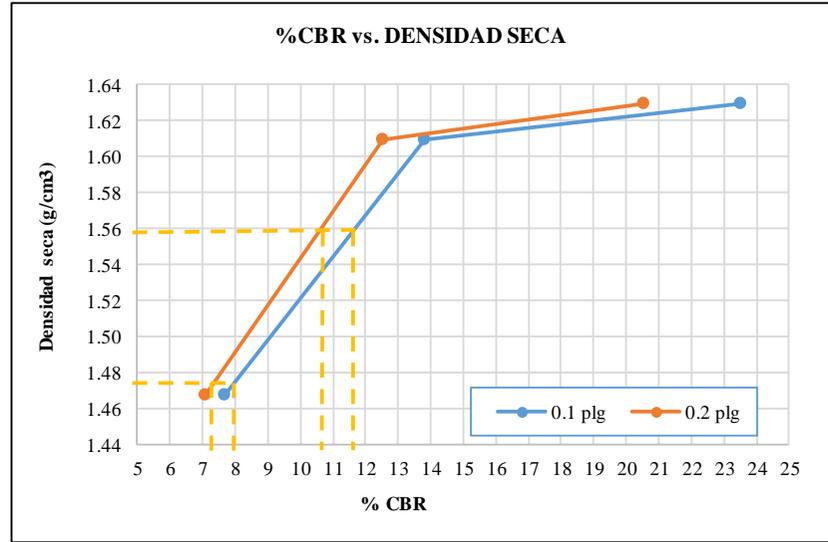
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO PARA DETERMINAR CBR 							
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."							
Vía:	Santa Cecilia - Puembo Chico			Capa Vegetal:	5	cm	
ID Muestra:	P3			Profundidad:	100	cm	
Norma:	AASHTO T 193 - 2013			Coordenadas:	17	706349	9895808
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO							
Peso Muestra	5000	g		Densidad Máx. Seca	1.642	g/cm ³	
Peso Martillo	10	lb		W% Óptimo	19.15	%	
Altura de Caída	18	in					
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR							
MOLDE	10		11		12		
DIMENSIONES	Diámetro	15.11	Diámetro	15.16	Diámetro	15.17	cm
	Altura	17.8	Altura	17.7	Altura	17.6	cm
Nº de Capas	5		5		5		
Nº de Golpes	56		27		11		
Peso Húmeda + Molde	15455		14899		11412		g
Peso Molde	9218		8754		5836		g
Peso de Muestra Húmeda	6237		6145		5576		g
Volumen Muestra	3191.82		3194.93		3181.07		cm ³
Peso unitario Húmedo γ _m	1.954		1.923		1.753		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	91	6	56	86	61	53	
Peso muestra húmeda + recipiente (W _m + W _r)	207.21	238.40	135.61	140.42	145.34	146.75	g
Peso muestra seca + recipiente (W _s + W _r)	178.31	204.40	118.40	122.63	126.82	127.60	g
Peso del agua (W _w)	28.90	34.00	17.21	17.79	18.52	19.15	g
Peso del recipiente (W _r)	32.40	34.40	30.50	31.30	30.20	30.90	g
Peso de la muestra seca (W _s)	145.91	170.00	87.90	91.33	96.62	96.70	g
Contenido de humedad (ω)	19.81	20.00	19.58	19.48	19.17	19.80	%
Promedio contenido de humedad (ω)	19.90		19.53		19.49		%
Peso Volumétrico Seco γ _d	1.630		1.609		1.467		g/cm ³
DESPÚES DE LA SATURACIÓN							
Peso Húmeda + Molde	15592		15031		12084		g
Peso Molde	9218		8754		5836		g
Peso de Muestra Húmeda	6374		6277		6248		g
Volumen Muestra	3191.82		3194.93		3181.07		cm ³
Peso unitario Húmedo γ _m	1.997		1.965		1.964		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	53	57	37	15	56	69	
Peso muestra húmeda + recipiente (W _m + W _r)	116.54	150.11	128.95	104.80	130.64	132.14	g
Peso muestra seca + recipiente (W _s + W _r)	101.68	130.12	109.80	90.60	109.70	111.30	g
Peso del agua (W _w)	14.86	19.99	19.15	14.20	20.94	20.84	g
Peso del recipiente (W _r)	30.90	31.10	26.00	25.60	30.60	30.70	g
Peso de la muestra seca (W _s)	70.78	99.02	83.80	65.00	79.10	80.60	g
Contenido de humedad (ω)	20.99	20.19	22.85	21.85	26.47	25.86	%
Promedio contenido de humedad (ω)	20.59		22.35		26.16		%

MÁQUINA DE COMPRESIÓN SIMPLE (CONTROLS)

Área de Pistón	3	in ²		Velocida de carga	1.270	mm/min							
					0.05	in/min							
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/in ²)	MOLDEN° 1 (56 Golpes)			MOLDEN° 2 (27 Golpes)			MOLDEN° 3 (11 Golpes)				
mm	in *10 ⁻³		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones	
			Leída	Correg.			Leída	Correg.			Leída	Correg.	
0	0	1000	0	0	235.27	0	0	137.97	0	0	76.57	7.66	
0.64	25		358.2	119.4		189.7	63.2		130.1	43.4			
1.27	50		522.1	174.0		324.3	108.1		176.8	58.9			
1.91	75		633.7	211.2		375.8	125.3		210.1	70.0			
2.54	100		705.8	235.3		413.9	138.0		229.7	76.6			
3.81	150	1500	820.3	273.4	308.40	491.1	163.7	187.83	12.52	276.3	92.1	7.08	
5.08	200		925.2	308.4		563.5	187.8		318.8	106.3			
6.35	250		1026.1	342.0		633.9	211.3		363.9	121.3			
7.62	300		1113.2	371.1		694.6	231.5		403.8	134.6			
10.16	400		1261.8	420.6		801.6	267.2		480.1	160.0			
12.7	500	1402.3	467.4	906.4	302.1	570.8	190.3						



MOLDE		1	2	3
CBR %	0.1"	23.53	13.80	7.66
	0.2"	20.56	12.52	7.08
Densida Seca	g/cm3	1.630	1.609	1.467



Densidad seca máx :	1.642	gr/cm3
---------------------	-------	--------

Densidad seca máx	% CBR-0,1 in	% CBR-0,2 in	MAYOR % CBR
90% DSM = 1.477	7.4	8	8
95% DSM= 1.559	10.75	11.8	11.8

11.8

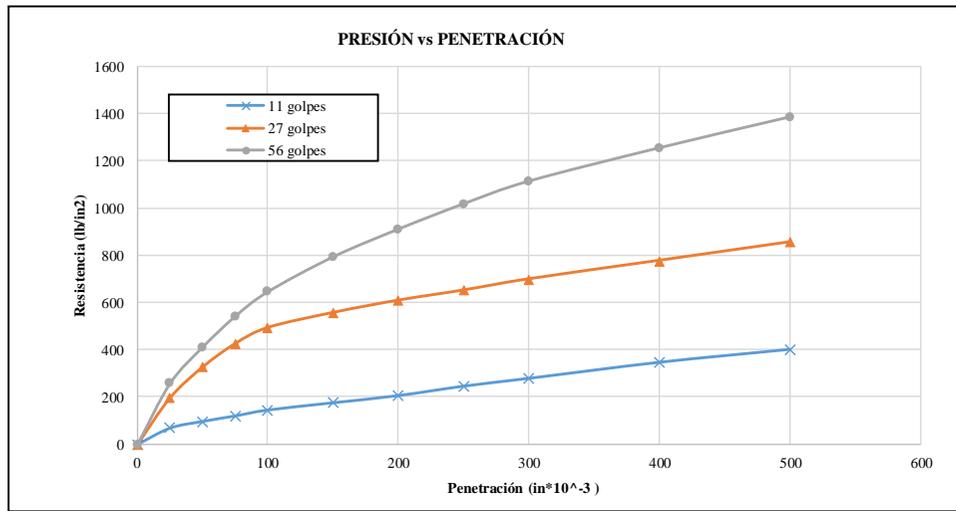
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 152: Ensayo CBR, muestra 4

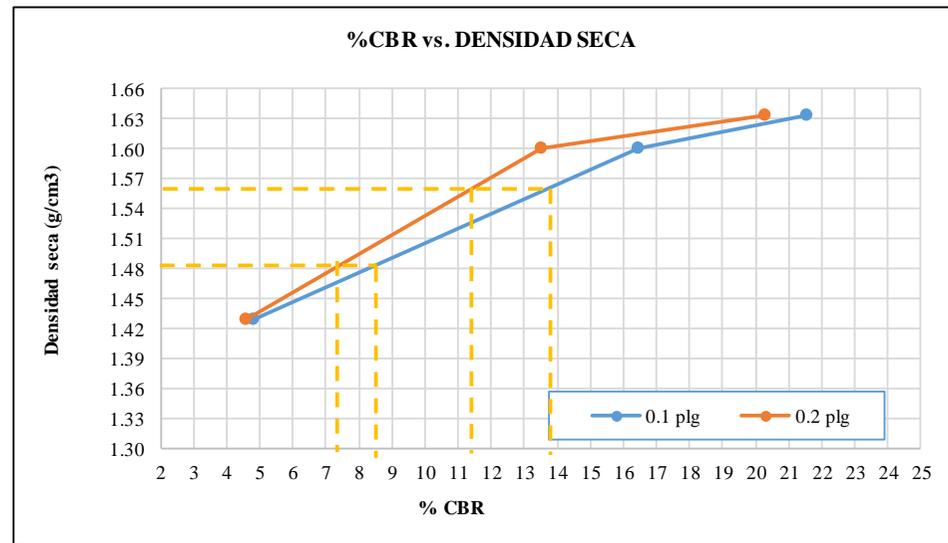
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO PARA DETERMINAR CBR 							
Proyecto:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."						
Vía:	La Esperanza - Tahualo			Capa Vegetal:	5	cm	
ID Muestra:	P1			Profundidad:	100	cm	
Norma:	AASHTO T 193 - 2013			Coordenadas:	17	716356	9898770
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO							
Peso Muestra	5000	g		Densidad Máx. Seca	1.648		g/cm ³
Peso Martillo	10	lb		W% Óptimo	17.81		%
Altura de Caída	18	in					
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR							
MOLDE	10		11		12		
DIMENSIONES	Diámetro	15.11	Diámetro	15.16	Diámetro	15.17	cm
	Altura	17.8	Altura	17.7	Altura	17.6	cm
Nº de Capas	5		5		5		
Nº de Golpes	56		27		11		
Peso Húmeda + Molde	14127		14059		12879		g
Peso Molde	7975		8045		7513		g
Peso de Muestra Húmeda	6152		6014		5366		g
Volumen Muestra	3191.82		3194.93		3181.07		cm ³
Peso unitario Húmedo γ_m	1.927		1.882		1.687		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	91	6	56	86	61	53	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	204.41	234.82	134.51	140.17	145.32	145.03	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	178.10	204.40	118.87	123.95	127.80	127.60	g
Peso del agua (Ww)	26.31	30.42	15.64	16.22	17.52	17.43	g
Peso del recipiente (Wr)	32.40	34.40	30.50	31.30	30.20	30.90	g
Peso de la muestra seca (Ws)	145.70	170.00	88.37	92.65	97.60	96.70	g
Contenido de humedad (ω)	18.06	17.89	17.70	17.51	17.95	18.02	%
Promedio contenido de humedad (ω)	17.98		17.60		17.99		%
Peso Volumétrico Seco γ_d	1.634		1.601		1.430		g/cm ³
DESPÚES DE LA SATURACIÓN							
Peso Húmeda + Molde	14685		14456		12978		g
Peso Molde	7975		8045		7513		g
Peso de Muestra Húmeda	6710		6411		5465		g
Volumen Muestra	3191.82		3194.93		3181.07		cm ³
Peso unitario Húmedo γ_m	2.102		2.007		1.718		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	45	55	64	28	11	49	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	135.40	145.10	156.80	165.70	189.70	145.80	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	115.50	122.70	131.60	138.50	157.80	123.80	g
Peso del agua (Ww)	19.90	22.40	25.20	27.20	31.90	22.00	g
Peso del recipiente (Wr)	30.90	31.10	26.00	25.60	30.60	30.70	g
Peso de la muestra seca (Ws)	84.60	91.60	105.60	112.90	127.20	93.10	g
Contenido de humedad (ω)	23.52	24.45	23.86	24.09	25.08	23.63	%
Promedio contenido de humedad (ω)	23.99		23.98		24.35		%

MÁQUINA DE COMPRESIÓN SIMPLE (CONTROLS)

Área de Pistón		3	in ²	Velocidad de carga		1.270	mm/min											
						0.05	in/min											
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/in ²)	MOLDEN ^o 1 (56 Golpes)			MOLDEN ^o 2 (27 Golpes)			MOLDEN ^o 3 (11 Golpes)									
mm	in *10 ⁻³		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %				
0	0	1000	0	0	215.60	21.56	0	0	164.50	16.45	0	0	48.30	4.83				
0.64	25		258.2	86.1			196.8	65.6			68.7	22.9						
1.27	50		412.1	137.4			326.7	108.9			96.8	32.3						
1.91	75		542.8	180.9			425.8	141.9			120.1	40.0						
2.54	100		646.8	215.6			493.5	164.5			144.9	48.3						
3.81	150		794.7	264.9			556.8	185.6			175.4	58.5						
5.08	200		912.2	304.1			608.7	202.9			205.8	68.6						
6.35	250		1019.5	339.8			651.5	217.2			245.5	81.8						
7.62	300		1115.6	371.9			698.7	232.9			278.5	92.8						
10.16	400		1256.8	418.9			776.7	258.9			346.2	115.4						
12.7	500	1387.6	462.5	854.8	284.9	400.7	133.6											
		1500			304.07	20.27			202.90	13.53			68.60	4.57				



MOLDE		1	2	3
CBR %	0.1"	21.56	16.45	4.83
	0.2"	20.27	13.53	4.57
Densida Seca	g/cm3	1.634	1.601	1.430



Densidad seca máx :	1.648	gr/cm ³
---------------------	-------	--------------------

Densidad seca máx	% CBR-0,1 in	% CBR-0,2 in	MAYOR % CBR
90% DSM = 1.483	7.25	8.6	8.6
95% DSM = 1.566	11.25	13.9	13.9

13.9

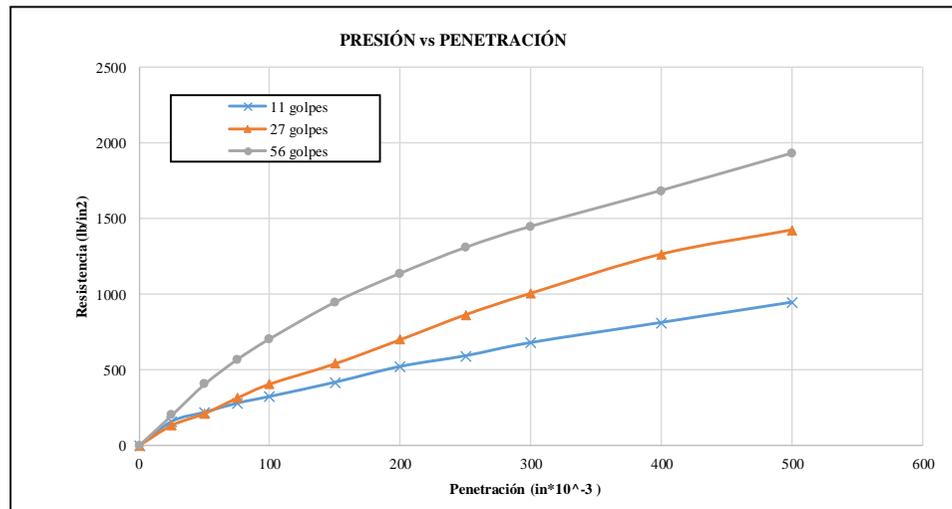
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 153: Ensayo CBR, muestra 5

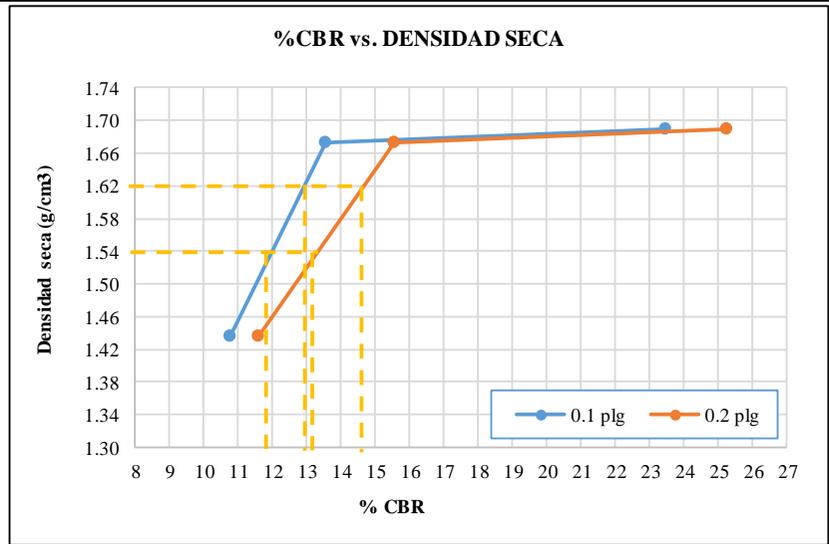
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO PARA DETERMINAR CBR 							
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."							
Vía:	La Esperanza - Tahualo			Capa Vegetal:	5	cm	
ID Muestra:	P2			Profundidad:	100	cm	
Norma:	AASHTO T 193 - 2013			Coordenadas:	17	716830	9900219
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO							
Peso Muestra	5000	g		Densidad Máx. Seca	1.694	g/cm ³	
Peso Martillo	10	lb		W% Óptimo	18.28	%	
Altura de Caída	18	in					
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR							
MOLDE	3		2		1		
DIMENSIONES	Diámetro	15.15	Diámetro	15.16	Diámetro	15.22	cm
	Altura	18	Altura	17.5	Altura	17.7	cm
Nº de Capas	5		5		5		
Nº de Golpes	56		27		11		
Peso Húmeda + Molde	14015		14171		14278		
Peso Molde	7531		7913		8810		
Peso de Muestra Húmeda	6484		6258		5468		
Volumen Muestra	3244.80		3158.83		3220.27		
Peso unitario Húmedo γ_m	1.998		1.981		1.698		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	46	2B	89	16	88	1	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	214.80	209.21	170.45	138.31	229.10	226.01	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	186.22	181.86	147.82	120.58	198.91	195.80	g
Peso del agua (Ww)	28.58	27.35	22.63	17.73	30.19	30.21	g
Peso del recipiente (Wr)	31.80	30.50	24.90	24.00	32.10	32.20	g
Peso de la muestra seca (Ws)	154.42	151.36	122.92	96.58	166.81	163.60	g
Contenido de humedad (ω)	18.51	18.07	18.41	18.36	18.10	18.47	%
Promedio contenido de humedad (ω)	18.29		18.38		18.28		
Peso Volumétrico Seco γ_d	1.689		1.673		1.436		
DESPÚES DE LA SATURACIÓN							
Peso Húmeda + Molde	14099		14361		15180		
Peso Molde	7531		7913		8810		
Peso de Muestra Húmeda	6568		6448		6370		
Volumen Muestra	3244.80		3158.83		3220.27		
Peso unitario Húmedo γ_m	2.024		2.041		1.978		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	93	3	16	6	91	42	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	154.11	146.35	175.90	137.80	187.70	139.70	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	134.83	128.30	151.20	120.50	156.60	117.20	g
Peso del agua (Ww)	19.28	18.05	24.70	17.30	31.10	22.50	g
Peso del recipiente (Wr)	33.50	33.40	30.60	34.30	32.40	31.70	g
Peso de la muestra seca (Ws)	101.33	94.90	120.60	86.20	124.20	85.50	g
Contenido de humedad (ω)	19.03	19.02	20.48	20.07	25.04	26.32	%
Promedio contenido de humedad (ω)	19.02		20.28		25.68		

MÁQUINA DE COMPRESIÓN SIMPLE (CONTROLS)

Área de Pistón	3	in ²		Velocida de carga	1.270	mm/min								
					0.05	in/min								
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/in ²)	MOLDEN° 1 (56 Golpes)			MOLDEN° 2 (27 Golpes)			MOLDEN° 3 (11 Golpes)					
mm	in *10 ⁻³		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
		Leída		Correg.	Leída			Correg.	Leída			Correg.		
0	0	1000	0	0	234.60	23.46	0	0	135.27	13.53	0.0	0	107.73	10.77
0.64	25		200.3	66.8			133.5	44.5			159.5	53.2		
1.27	50		403.6	134.5			210.6	70.2			219.0	73.0		
1.91	75		566.6	188.9			313.1	104.4			279.1	93.0		
2.54	100		703.8	234.6			405.8	135.3			323.2	107.7		
3.81	150		945.4	315.1			540	180.0			416.8	138.9		
5.08	200	1500	1136.3	378.8	378.77	25.25	699.4	233.1	233.13	15.54	520.9	173.6	173.63	11.58
6.35	250		1306.6	435.5			864.1	288.0			591.3	197.1		
7.62	300		1445.8	481.9			1006.3	335.4			678.1	226.0		
10.16	400		1683.0	561.0			1265.3	421.8			810.6	270.2		
12.7	500		1928.5	642.8			1425.1	475.0			944.3	314.8		



MOLDE		1	2	3
CBR %	0.1"	23.46	13.53	10.77
	0.2"	25.25	15.54	11.58
Densida Seca	g/cm ³	1.689	1.673	1.436



Densidad seca máx :	1.694	gr/cm ³
---------------------	-------	--------------------

Densidad seca máx	% CBR-0,1 in	% CBR-0,2 in	MAYOR % CBR
90% DSM = 1.524	11.9	13.1	13.1
95% DSM = 1.609	12.9	14.4	14.4

14.4

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

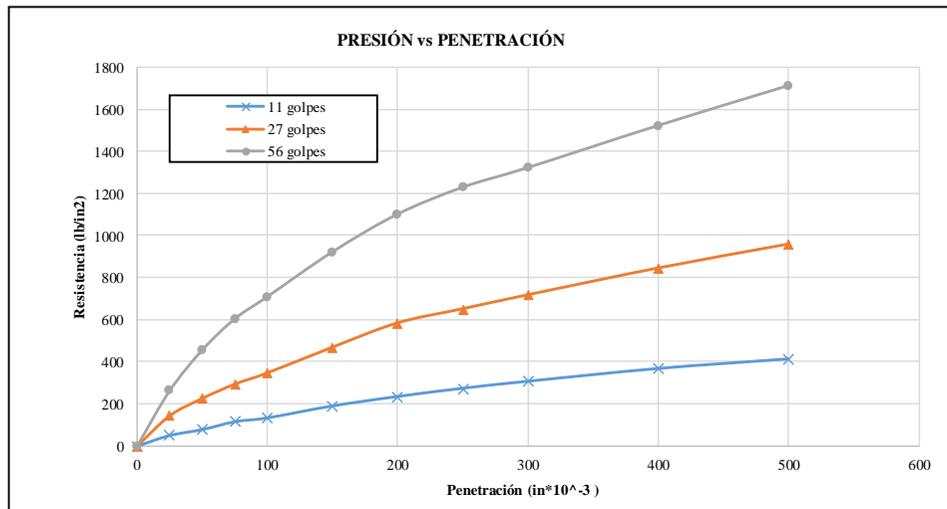
Tabla 154: Ensayo CBR, muestra 6

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO PARA DETERMINAR CBR					
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."							
Vía:	La Esperanza - Tahualo			Capa Vegetal:	5	cm	
ID Muestra:	P3			Profundidad:	100	cm	
Norma:	AASHTO T 193 - 2013			Coordenadas:	17	718263	9901390
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO							
Peso Muestra	5000	g	Densidad Máx. Seca		1.597	g/cm ³	
Peso Martillo	10	lb	W% Óptimo		16.11	%	
Altura de Caída	18	in					
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR							
MOLDE	3		2		1		
DIMENSIONES	Diámetro	15.15	Diámetro	15.16	Diámetro	15.22	cm
	Altura	18	Altura	17.5	Altura	17.7	cm
Nº de Capas	5		5		5		
Nº de Golpes	56		27		11		
Peso Húmeda + Molde	13251		13425		12525		g
Peso Molde	7235		7856		7235		g
Peso de Muestra Húmeda	6016		5569		5290		g
Volumen Muestra	3244.80		3158.83		3220.27		cm ³
Peso unitario Húmedo γ_m	1.854		1.763		1.643		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	12	16	18	19	20	22	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	142.51	155.60	168.60	158.80	174.94	194.32	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	126.50	136.80	149.50	140.60	154.87	171.80	g
Peso del agua (Ww)	16.01	18.80	19.10	18.20	20.07	22.52	g
Peso del recipiente (Wr)	24.90	24.00	31.80	30.50	32.10	32.20	g
Peso de la muestra seca (Ws)	101.60	112.80	117.70	110.10	122.77	139.60	g
Contenido de humedad (ω)	15.76	16.67	16.23	16.53	16.35	16.13	%
Promedio contenido de humedad (ω)	16.21		16.38		16.24		%
Peso Volumétrico Seco γ_d	1.595		1.515		1.413		g/cm ³
DESPÚES DE LA SATURACIÓN							
Peso Húmeda + Molde	13298		13663		13015		g
Peso Molde	7235		7856		7235		g
Peso de Muestra Húmeda	6063		5807		5780		g
Volumen Muestra	3244.80		3158.83		3220.27		cm ³
Peso unitario Húmedo γ_m	1.869		1.838		1.795		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	1	5	6	78	95	65	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	151.83	145.21	149.10	122.84	179.61	165.70	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	133.72	127.37	127.20	106.75	148.40	136.50	g
Peso del agua (Ww)	18.11	17.84	21.90	16.09	31.21	29.20	g
Peso del recipiente (Wr)	33.50	33.40	30.60	34.30	32.40	31.70	g
Peso de la muestra seca (Ws)	100.22	93.97	96.60	72.45	116.00	104.80	g
Contenido de humedad (ω)	18.07	18.98	22.67	22.21	26.91	27.86	%
Promedio contenido de humedad (ω)	18.53		22.44		27.38		%

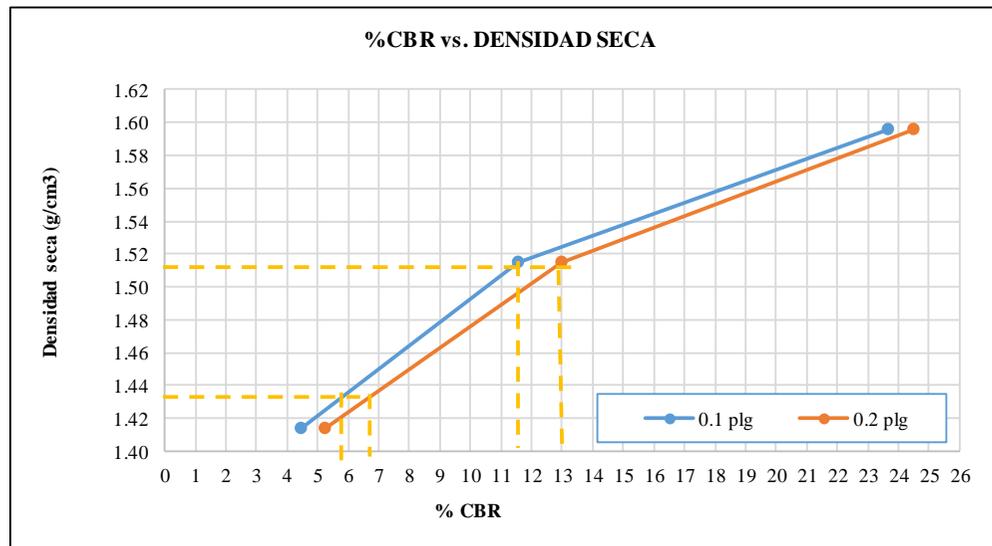
MÁQUINA DE COMPRESIÓN SIMPLE (CONTROLS)

Área de Pistón	3	in ²		Velocida de carga	1.270	mm/min
					0.05	in/min

PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/in ²)	MOLDE Nº 1 (56 Golpes)				MOLDE Nº 2 (27 Golpes)				MOLDE Nº 3 (11 Golpes)			
mm	in *10 ⁻³		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
				Leída	Correg.			Leída	Correg.			Leída	Correg.	
0	0	1000	0	0	236.73	0	0	115.50	11.55	0	0	44.47	4.45	
0.64	25		263.1	87.7		143.5	47.8			50.1	16.7			
1.27	50		456.4	152.1		225.6	75.2			78.1	26.0			
1.91	75		604.9	201.6		293.3	97.8			115.2	38.4			
2.54	100		710.2	236.7		346.5	115.5			133.4	44.5			
3.81	150		923.3	307.8		468.3	156.1			189.9	63.3			
5.08	200		1102.4	367.5		583.3	194.4			234.6	78.2			
6.35	250		1230.1	410.0		650.2	216.7			273.3	91.1			
7.62	300		1323.6	441.2		716.3	238.8			306.6	102.2			
10.16	400		1523.6	507.9		843.1	281.0			366.8	122.3			
12.7	500	1713.2	571.1	956.2	318.7	412.2	137.4							



MOLDE		1	2	3
CBR %	0.1"	23.67	11.55	4.45
	0.2"	24.50	12.96	5.21
Densida Seca	g/cm ³	1.595	1.515	1.413



Densidad seca máx :	1.597	gr/cm ³
---------------------	-------	--------------------

Densidad seca máx	% CBR-0,1 in	% CBR-0,2 in	MAYOR % CBR
90% DSM = 1.437	5.8	6.9	6.9
95% DSM= 1.517	11.7	13.0	13

13

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

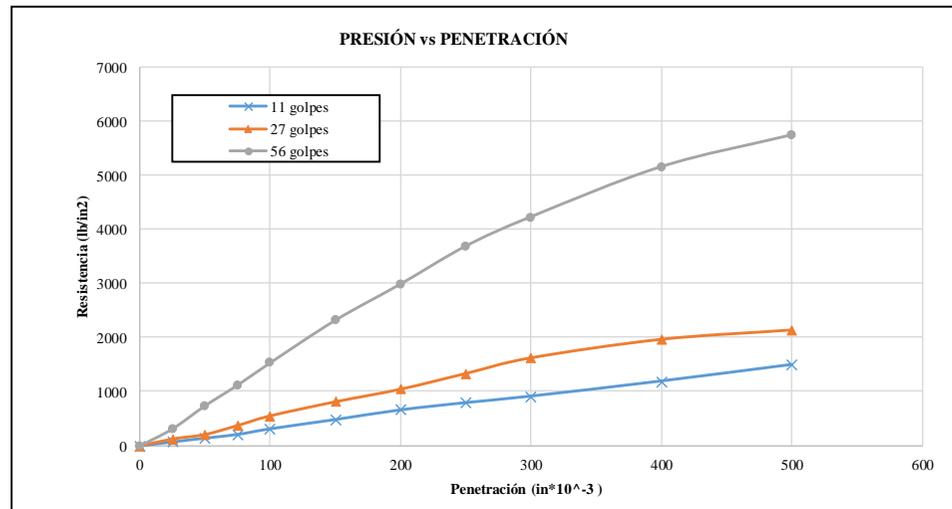
Tabla 155: Ensayo CBR, muestra 7

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO PARA DETERMINAR CBR					
Proyecto:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."						
Vía:	Tigua Casa Quemada - Sumirrumi		Capa Vegetal:	5	cm		
ID Muestra:	P1		Profundidad:	100	cm		
Norma:	AASHTO T 193 - 2013		Coordenadas:	17	742060	9899384	
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO							
Peso Muestra	5000	g	Densidad Máx. Seca		1.742	g/cm ³	
Peso Martillo	10	lb	W% Óptimo		19.73	%	
Altura de Caída	18	in					
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR							
MOLDE	9		8		7		
DIMENSIONES	Diámetro	14.87	Diámetro	15.14	Diámetro	15.02	cm
	Altura	17.9	Altura	17.8	Altura	17.7	cm
Nº de Capas	5		5		5		
Nº de Golpes	56		27		11		
Peso Húmeda + Molde	12543		13338		14045		g
Peso Molde	6069		6779		8655		g
Peso de Muestra Húmeda	6474		6559		5390		g
Volumen Muestra	3108.60		3204.51		3136.19		cm ³
Peso unitario Húmedo γ_m	2.083		2.047		1.719		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	14	18	35	3	93	90	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	103.34	111.74	110.43	120.59	102.17	88.74	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	91.30	98.42	97.30	106.02	90.30	79.31	g
Peso del agua (Ww)	12.04	13.32	13.13	14.57	11.87	9.43	g
Peso del recipiente (Wr)	30.40	31.00	31.20	31.30	30.80	30.70	g
Peso de la muestra seca (Ws)	60.90	67.42	66.10	74.72	59.50	48.61	g
Contenido de humedad (ω)	19.77	19.76	19.86	19.50	19.95	19.40	%
Promedio contenido de humedad (ω)	19.76		19.68		19.67		%
Peso Volumétrico Seco γ_d	1.739		1.710		1.436		g/cm ³
DESPÚES DE LA SATURACIÓN							
Peso Húmeda + Molde	11959		12917		14618		g
Peso Molde	6069		6779		8655		g
Peso de Muestra Húmeda	5890		6138		5963		g
Volumen Muestra	3108.60		3204.51		3136.19		cm ³
Peso unitario Húmedo γ_m	1.895		1.915		1.901		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	55	52	102	101	78	81	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	103.94	112.74	111.83	121.89	106.67	92.44	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	91.30	98.42	97.30	106.02	90.30	79.31	g
Peso del agua (Ww)	12.64	14.32	14.53	15.87	16.37	13.13	g
Peso del recipiente (Wr)	28.14	29.02	30.55	31.97	29.40	29.67	g
Peso de la muestra seca (Ws)	63.16	69.40	66.75	74.05	60.90	49.64	g
Contenido de humedad (ω)	20.01	20.63	21.77	21.43	26.88	26.45	%
Promedio contenido de humedad (ω)	20.32		21.60		26.67		%
Peso Volumétrico Seco γ_d	1.575		1.575		1.501		g/cm ³

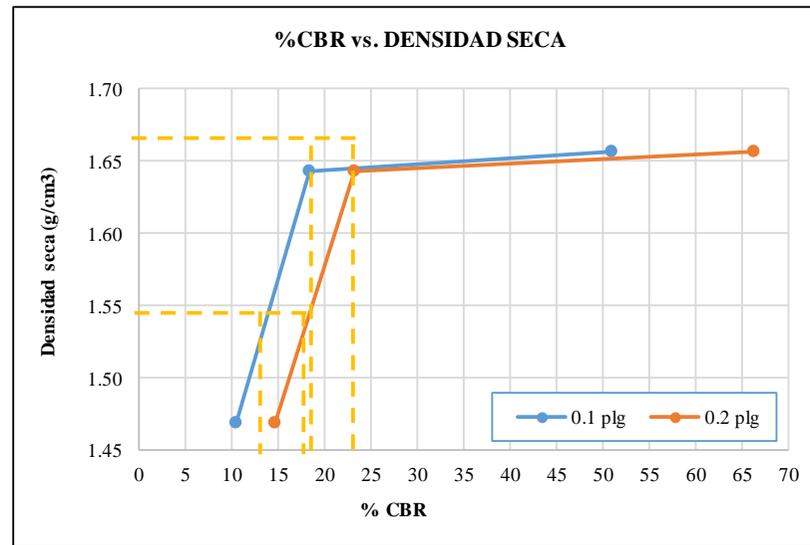
MÁQUINA DE COMPRESIÓN SIMPLE (CONTROLS)

Área de Pistón	3	in ²		Velocida de carga	1.270	mm/min	
					0.05	in/min	

PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/in ²)	MOLDE Nº 1 (56 Golpes)				MOLDE Nº 2 (27 Golpes)				MOLDE Nº 3 (11 Golpes)			
mm	in *10 ⁻³		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
				Leída	Correg.			Leída	Correg.			Leída	Correg.	
0	0	1000	0	0	510.47	0	0	184.37	0	0	104.47	10.45		
0.64	25		312.8	104.3		126.6	42.2		73.3	24.4				
1.27	50		738.6	246.2		210.1	70.0		143.3	47.8				
1.91	75		1120.3	373.4		375.5	125.2		210.5	70.2				
2.54	100		1531.4	510.5		553.1	184.4		313.4	104.5				
3.81	150	1500	2316.6	772.2	995.03	812.0	270.7	347.80	23.19	483.5	161.2	220.20	14.68	
5.08	200		2985.1	995.0		1043.4	347.8			660.6	220.2			
6.35	250		3684.4	1228.1		1331.5	443.8			793.3	264.4			
7.62	300		4225.5	1408.5		1620.2	540.1			913.0	304.3			
10.16	400		5150.1	1716.7		1960.5	653.5			1190.0	396.7			
12.7	500	5736.6	1912.2	2132.3	710.8	1492.2	497.4							



MOLDE		1	2	3
CBR %	0.1"	51.05	18.44	10.45
	0.2"	66.34	23.19	14.68
Densida Seca	g/cm ³	1.657	1.643	1.469



Densidad seca máx :	1.742	gr/cm ³
---------------------	-------	--------------------

Densidad seca máx	% CBR-0,1 in	% CBR-0,2 in	MAYOR % CBR
90% DSM = 1.568	13	17.5	17.5
95% DSM = 1.655	18	23.2	23.2

23.2

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

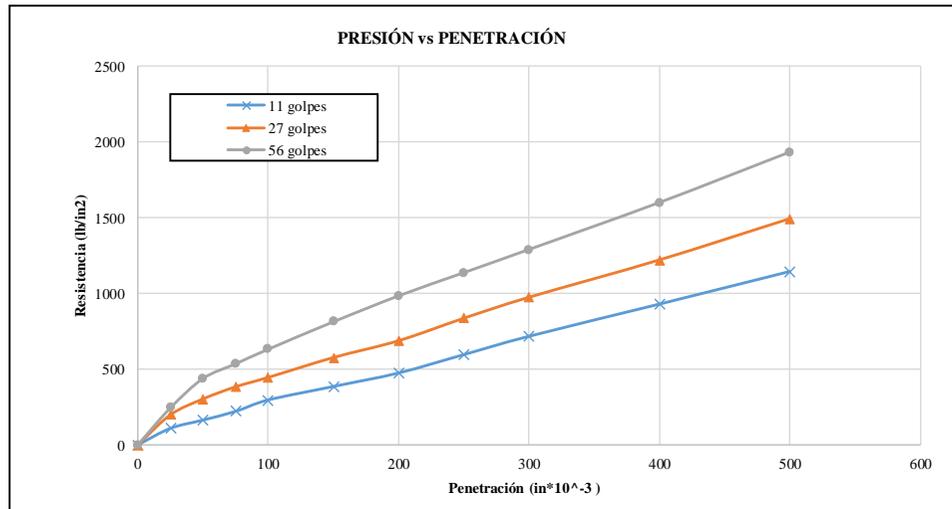
Tabla 156: Ensayo CBR, muestra 8

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO PARA DETERMINAR CBR 							
Proyecto: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”							
Vía: Tigua Casa Quemada - Sumirrumi		Capa Vegetal: 5 cm					
ID Muestra: P2		Profundidad: 100 cm					
Norma: AASHTO T 193 - 2013		Coordenadas: 17 740770 9899384					
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO							
Peso Muestra	5000	g	Densidad Máx. Seca		1.691	g/cm ³	
Peso Martillo	10	lb	W% Óptimo		15.10	%	
Altura de Caída	18	in					
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR							
MOLDE	9		8		7		
DIMENSIONES	Diámetro	14.87	Diámetro	15.14	Diámetro	15.02	cm
	Altura	17.9	Altura	17.8	Altura	17.7	cm
Nº de Capas	5		5		5		
Nº de Golpes	56		27		11		
Peso Húmeda + Molde	12673		12790		13797		g
Peso Molde	6645		6857		8284		g
Peso de Muestra Húmeda	6028		5933		5513		g
Volumen Muestra	3108.60		3204.51		3136.19		cm ³
Peso unitario Húmedo γ_m	1.939		1.851		1.758		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	12	25	36	78	25	52	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	150.79	169.64	143.23	193.71	160.72	184.22	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	134.55	150.63	127.92	172.40	143.81	163.53	g
Peso del agua (Ww)	16.24	19.01	15.31	21.31	16.91	20.69	g
Peso del recipiente (Wr)	26.60	25.80	31.10	33.40	33.50	31.40	g
Peso de la muestra seca (Ws)	107.95	124.83	96.82	139.00	110.31	132.13	g
Contenido de humedad (ω)	15.04	15.23	15.81	15.33	15.33	15.66	%
Promedio contenido de humedad (ω)	15.14		15.57		15.49		%
Peso Volumétrico Seco γ_d	1.684		1.602		1.522		g/cm ³
DESPÚES DE LA SATURACIÓN							
Peso Húmeda + Molde	12781		12950		14089		g
Peso Molde	6645		6857		8284		g
Peso de Muestra Húmeda	6136		6093		5805		g
Volumen Muestra	3108.60		3204.51		3136.19		cm ³
Peso unitario Húmedo γ_m	1.974		1.901		1.851		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	15	16	28	19	67	98	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	147.82	170.90	160.40	125.70	198.70	165.80	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	131.20	151.20	140.10	110.50	165.50	137.80	g
Peso del agua (Ww)	16.62	19.70	20.30	15.20	33.20	28.00	g
Peso del recipiente (Wr)	30.40	31.00	31.20	31.30	30.80	30.70	g
Peso de la muestra seca (Ws)	100.80	120.20	108.90	79.20	134.70	107.10	g
Contenido de humedad (ω)	16.49	16.39	18.64	19.19	24.65	26.14	%
Promedio contenido de humedad (ω)	16.44		18.92		25.40		%

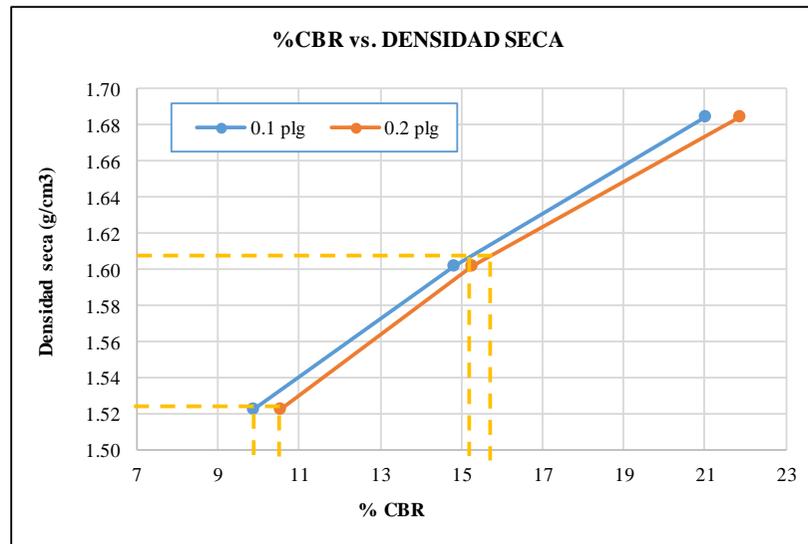
MÁQUINA DE COMPRESIÓN SIMPLE (CONTROLS)

Área de Pistón	3	in ²	Velocida de carga	1.270	mm/min
				0.05	in/min

PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/in ²)	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 Golpes)			
mm	in *10 ⁻³		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
				Leída	Correg.			Leída	Correg.			Leída	Correg.	
0	0	1000	0.0	0	210.40	21.04	0.0	0	148.33	14.83	0.0	0	98.67	9.87
0.64	25		244.0	81.3		198.0	66.0	109.0		36.3				
1.27	50		438.0	146.0		303.0	101.0	163.6		54.5				
1.91	75		535.0	178.3		383.0	127.7	220.9		73.6				
2.54	100		631.2	210.4		445.0	148.3	296.0		98.7				
3.81	150		812.4	270.8		576.0	192.0	385.0		128.3				
5.08	200		983.6	327.9		687.0	229.0	474.0		158.0				
6.35	250		1136.8	378.9		835.3	278.4	594.9		198.3				
7.62	300		1290.0	430.0		973.5	324.5	715.8		238.6				
10.16	400		1600.0	533.3		1220.0	406.7	928.0		309.3				
12.7	500	1933.0	644.3	1492.0	497.3	1143.0	381.0	158.00	10.53					



MOLDE		1	2	3
CBR %	0.1"	21.04	14.83	9.87
	0.2"	21.86	15.27	10.53
Densida Seca	g/cm ³	1.684	1.602	1.522



Densidad seca máx :	1.691	gr/cm ³
---------------------	-------	--------------------

Densidad seca máx	% CBR-0,1 in	% CBR-0,2 in	MAYOR % CBR
90% DSM = 1.522	10.0	10.75	10.75
95% DSM = 1.606	15.2	15.85	15.85

15.85

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

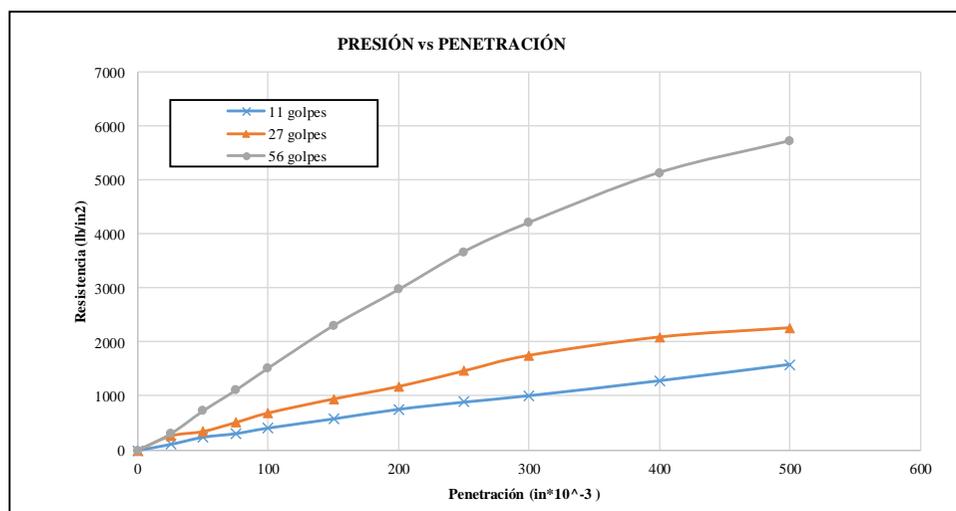
Tabla 157: Ensayo CBR, muestra 9

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO PARA DETERMINAR CBR 							
Proyecto:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."						
Vía:	Tigua Casa Quemada - Sumirrumi			Capa Vegetal:	5	cm	
ID Muestra:	P3			Profundidad:	100	cm	
Norma:	AASHTO T 193 - 2013			Coordenadas:	17	738745	9900053
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO							
Peso Muestra	5000	g		Densidad Máx. Seca	1.766	g/cm ³	
Peso Martillo	10	lb		W% Óptimo	13.08	%	
Altura de Caída	18	in					
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR							
MOLDE	6		5		4		
DIMENSIONES	Diámetro	15.15	Diámetro	15.16	Diámetro	15.22	cm
	Altura	18	Altura	17.5	Altura	17.7	cm
Nº de Capas	5		5		5		
Nº de Golpes	56		27		11		
Peso Húmeda + Molde	12313		13607		13067		g
Peso Molde	5842		7349		7939		g
Peso de Muestra Húmeda	6471		6258		5128		g
Volumen Muestra	3244.80		3158.83		3220.27		cm ³
Peso unitario Húmedo γ_m	1.994		1.981		1.592		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	2-2	77	103	98	42	122	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	198.91	141.67	194.54	167.61	202.51	180.63	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	179.60	128.80	175.60	152.10	182.80	163.50	g
Peso del agua (Ww)	19.31	12.87	18.94	15.51	19.71	17.13	g
Peso del recipiente (Wr)	30.50	30.90	30.70	32.60	31.70	30.80	g
Peso de la muestra seca (Ws)	149.10	97.90	144.90	119.50	151.10	132.70	g
Contenido de humedad (ω)	12.95	13.15	13.07	12.98	13.04	12.91	%
Promedio contenido de humedad (ω)	13.05		13.03		12.98		%
Peso Volumétrico Seco γ_d	1.764		1.753		1.410		g/cm ³
DESPÚES DE LA SATURACIÓN							
Peso Húmeda + Molde	13125		14152		12226		g
Peso Molde	5842		7349		7939		g
Peso de Muestra Húmeda	7283		6803		4287		g
Volumen Muestra	3244.80		3158.83		3220.27		cm ³
Peso unitario Húmedo γ_m	2.245		2.154		1.331		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	64	84	45	32	14	18	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	93.52	93.63	96.52	107.47	98.72	130.47	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	85.90	85.90	86.70	96.20	85.30	110.70	g
Peso del agua (Ww)	7.62	7.73	9.82	11.27	13.42	19.77	g
Peso del recipiente (Wr)	30.80	30.90	23.40	26.30	26.70	25.80	g
Peso de la muestra seca (Ws)	55.10	55.00	63.30	69.90	58.60	84.90	g
Contenido de humedad (ω)	13.83	14.05	15.51	16.12	22.90	23.29	%
Promedio contenido de humedad (ω)	13.94		15.82		23.09		%

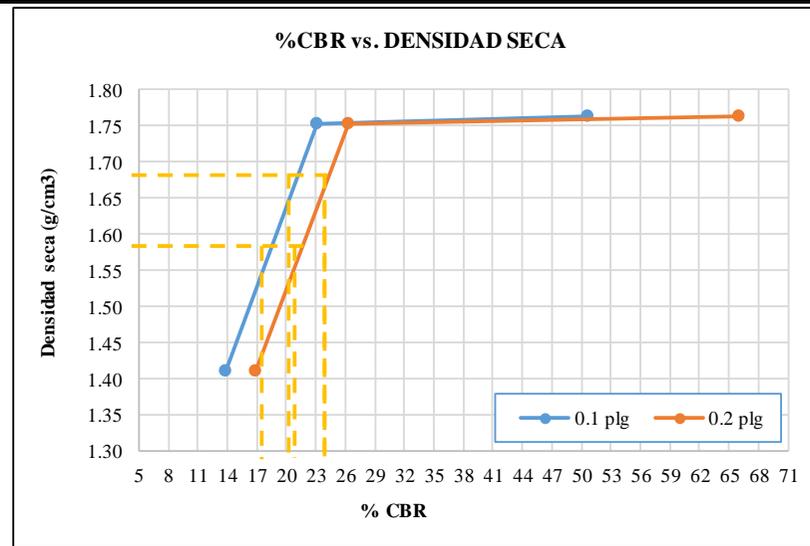
MÁQUINA DE COMPRESIÓN SIMPLE (CONTROLS)

Área de Pistón	3	in ²		Velocida de carga	1.270	mm/min
					0.05	in/min

PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/in ²)	MOLDE Nº 1 (56 Golpes)				MOLDE Nº 2 (27 Golpes)				MOLDE Nº 3 (11 Golpes)					
mm	in *10 ⁻³		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %		
				Leída	Correg.			Leída	Correg.			Leída	Correg.			
0	0	1000	0	0	507.13	0	0	231.03	0	0	137.80	13.78				
0.64	25		302.8	100.9		266.6	88.9		110.3	36.8						
1.27	50		728.6	242.9		350.1	116.7		243.3	81.1						
1.91	75		1110.3	370.1		515.5	171.8		310.5	103.5						
2.54	100		1521.4	507.1		693.1	231.0		413.4	137.8						
3.81	150		2306.6	768.9		952.0	317.3		583.5	194.5						
5.08	200		2975.1	991.7		1183.4	394.5		760.6	253.5						
6.35	250		3674.4	1224.8		1471.5	490.5		893.3	297.8						
7.62	300		4215.5	1405.2		1760.2	586.7		1013.0	337.7						
10.16	400		5140.1	1713.4		2100.5	700.2		1290.0	430.0						
12.7	500	5726.6	1908.9	2272.3	757.4	1592.2	530.7									
		1500			991.70			394.47			253.53	16.90				



MOLDE		1	2	3
CBR %	0.1"	50.71	23.10	13.78
	0.2"	66.11	26.30	16.90
Densida Seca	g/cm ³	1.764	1.753	1.410



Densidad seca máx :	1.766	gr/cm ³
---------------------	-------	--------------------

Densidad seca máx	% CBR-0,1 in	% CBR-0,2 in	MAYOR % CBR
90% DSM = 1.590	18.5	22.1	22.1
95% DSM = 1.678	22.3	24.5	24.5

24.5

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

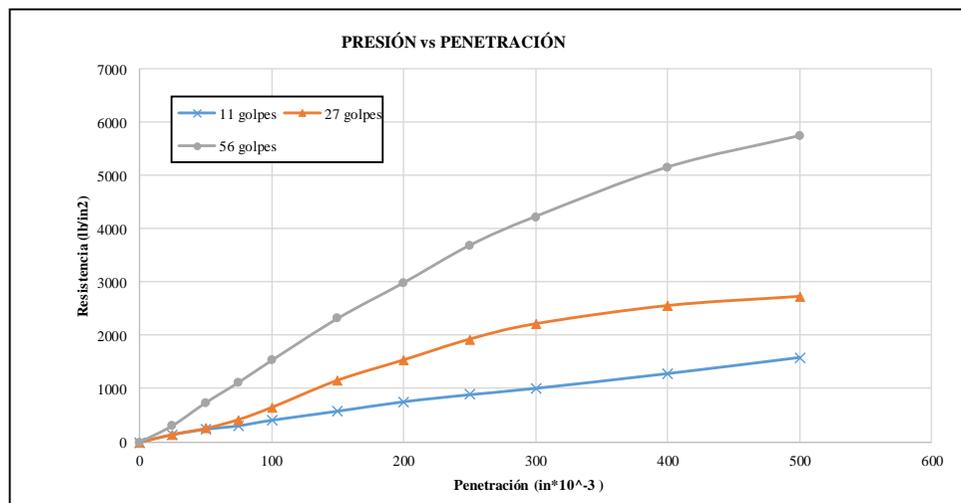
Tabla 158: Ensayo CBR, muestra 10

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO PARA DETERMINAR CBR					
Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."							
Vía:	Capilla de Guayama - Comuna Guangaje			Capa Vegetal:	5	cm	
ID Muestra:	PI			Profundidad:	100	cm	
Norma:	AASHTO T 193 - 2013			Coordenadas:	17	741071	9904630
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO							
Peso Muestra	5000	g		Densidad Máx. Seca	1.783		g/cm ³
Peso Martillo	10	lb		W% Óptimo	11.78		%
Altura de Caída	18	in					
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR							
MOLDE	2		4		1		
DIMENSIONES	Diámetro	15	Diámetro	15.1	Diámetro	15.2	cm
	Altura	18.1	Altura	18	Altura	17.8	cm
Nº de Capas	5		5		5		
Nº de Golpes	56		27		11		
Peso Húmeda + Molde	13976		14286		15192		g
Peso Molde	7611		7936		9510		g
Peso de Muestra Húmeda	6365		6350		5682		g
Volumen Muestra	3198.53		3223.41		3229.96		cm ³
Peso unitario Húmedo γ_m	1.990		1.970		1.759		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	56	81	45	42	89	69	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	142.44	127.12	108.10	177.20	140.60	106.60	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	130.82	116.90	99.50	162.30	129.30	98.80	g
Peso del agua (Ww)	11.62	10.22	8.60	14.90	11.30	7.80	g
Peso del recipiente (Wr)	30.50	30.70	23.40	31.70	31.80	30.60	g
Peso de la muestra seca (Ws)	100.32	86.20	76.10	130.60	97.50	68.20	g
Contenido de humedad (ω)	11.58	11.86	11.30	11.41	11.59	11.44	%
Promedio contenido de humedad (ω)	11.72		11.35		11.51		%
Peso Volumétrico Seco γ_d	1.781		1.769		1.578		g/cm ³
DESPÚES DE LA SATURACIÓN							
Peso Húmeda + Molde	14004		14364		15409		g
Peso Molde	7611		7936		9510		g
Peso de Muestra Húmeda	6393		6428		5899		g
Volumen Muestra	3198.53		3223.41		3229.96		cm ³
Peso unitario Húmedo γ_m	1.999		1.994		1.826		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	52	77	22	45	41	56	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	149.71	174.03	158.07	173.20	132.43	118.40	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	136.87	158.85	142.60	156.20	117.76	105.90	g
Peso del agua (Ww)	12.84	15.18	15.47	17.00	14.67	12.50	g
Peso del recipiente (Wr)	31.00	30.90	24.00	23.50	31.10	30.50	g
Peso de la muestra seca (Ws)	105.87	127.95	118.60	132.70	86.66	75.40	g
Contenido de humedad (ω)	12.13	11.86	13.04	12.81	16.93	16.58	%
Promedio contenido de humedad (ω)	12.00		12.93		16.75		%

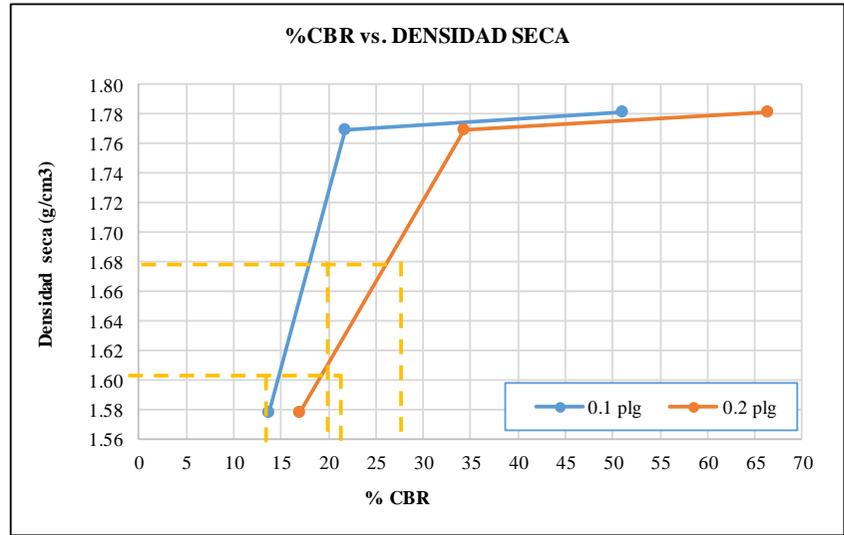
MÁQUINA DE COMPRESIÓN SIMPLE (CONTROLS)

Área de Pistón	3	in ²		Velocida de carga	1.270	mm/min
					0.05	in/min

PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/in ²)	MOLDE Nº 1 (56 Golpes)				MOLDE Nº 2 (27 Golpes)				MOLDE Nº 3 (11 Golpes)			
mm	in *10-3		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
				Leída	Correg.			Leída	Correg.			Leída	Correg.	
0	0		0	0		0	0			0	0			
0.64	25	1000	312.8	104.3	510.47	146.6	48.9	217.70	21.77	143.3	47.8	137.80	13.78	
1.27	50		738.6	246.2		260.1	86.7			243.3	81.1			
1.91	75		1120.3	373.4		425.5	141.8			310.5	103.5			
2.54	100		1531.4	510.5		653.1	217.7			413.4	137.8			
3.81	150		2316.6	772.2		1162.0	387.3			583.5	194.5			
5.08	200	1500	2985.1	995.0	995.03	1543.4	514.5	514.47	34.30	760.6	253.5	253.53	16.90	
6.35	250		3684.4	1228.1		1931.5	643.8			893.3	297.8			
7.62	300		4225.5	1408.5		2220.2	740.1			1013.0	337.7			
10.16	400		5150.1	1716.7		2560.5	853.5			1290.0	430.0			
12.7	500		5736.6	1912.2		2732.3	910.8			1592.2	530.7			



MOLDE		1	2	3
CBR %	0.1"	51.05	21.77	13.78
	0.2"	66.34	34.30	16.90
Densida Seca	g/cm3	1.781	1.769	1.578



Densidad seca máx :	1.783	gr/cm3
---------------------	-------	--------

Densidad seca máx	% CBR-0,1 in	% CBR-0,2 in	MAYOR % CBR
90% DSM = 1.604	14.9	19	19
95% DSM= 1.694	17.5	27	27

27

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

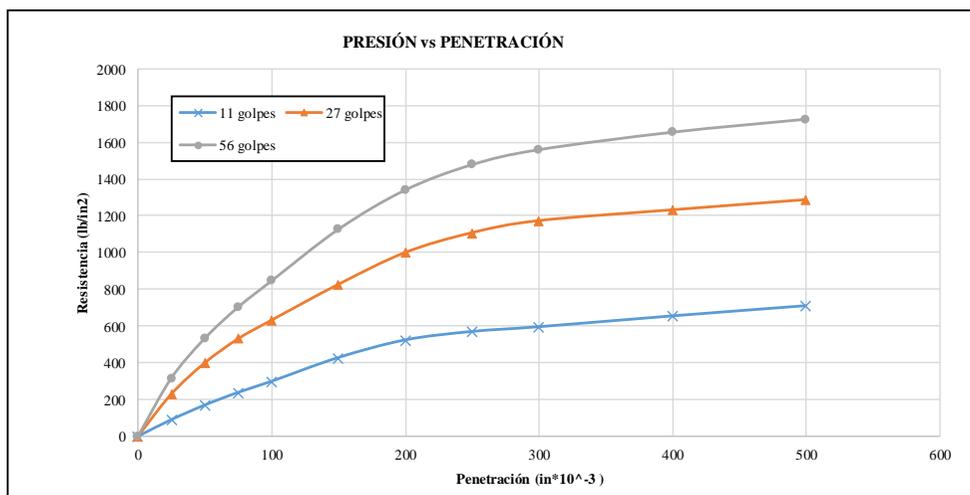
Tabla 159: Ensayo CBR, muestra 11

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO PARA DETERMINAR CBR					
Proyecto:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."						
Vía:	Capilla de Guayama - Comuna Guangaje			Capa Vegetal:	5	cm	
ID Muestra:	P2			Profundidad:	100	cm	
Norma:	AASHTO T 193 - 2013			Coordenadas:	17	741648	9905074
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO							
Peso Muestra	5000	g		Densidad Máx. Seca	1.673		g/cm ³
Peso Martillo	10	lb		W% Óptimo	16.45		%
Altura de Caída	18	in					
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR							
MOLDE	12		11		9		
DIMENSIONES	Diámetro	15.1	Diámetro	15.1	Diámetro	15.2	cm
	Altura	18	Altura	17.9	Altura	18	cm
Nº de Capas	5		5		5		
Nº de Golpes	56		27		11		
Peso Húmeda + Molde	14981		14777		15282		g
Peso Molde	8753		8732		9856		g
Peso de Muestra Húmeda	6228		6045		5426		g
Volumen Muestra	3223.41		3205.50		3266.25		cm ³
Peso unitario Húmedo γ_m	1.932		1.886		1.661		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	32	6	2	84	77	41	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	109.98	143.91	122.62	98.01	105.12	92.45	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	99.52	128.75	109.35	88.37	94.53	83.93	g
Peso del agua (Ww)	10.46	15.16	13.27	9.64	10.59	8.52	g
Peso del recipiente (Wr)	36.40	34.40	30.70	30.90	30.90	31.10	g
Peso de la muestra seca (Ws)	63.12	94.35	78.65	57.47	63.63	52.83	g
Contenido de humedad (ω)	16.57	16.07	16.87	16.77	16.64	16.13	%
Promedio contenido de humedad (ω)	16.32		16.82		16.39		%
Peso Volumétrico Seco γ_d	1.661		1.614		1.427		g/cm ³
DESPÚES DE LA SATURACIÓN							
Peso Húmeda + Molde	14925		14756		14789		g
Peso Molde	8753		8732		9856		g
Peso de Muestra Húmeda	6172		6024		4933		g
Volumen Muestra	3223.41		3205.50		3266.25		cm ³
Peso unitario Húmedo γ_m	1.915		1.879		1.510		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	10	16	19	25	35	98	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	132.20	132.60	187.70	144.60	124.30	180.80	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	116.50	116.10	161.50	126.50	106.30	151.90	g
Peso del agua (Ww)	15.70	16.50	26.20	18.10	18.00	28.90	g
Peso del recipiente (Wr)	26.50	24.70	31.10	33.20	32.20	31.80	g
Peso de la muestra seca (Ws)	90.00	91.40	130.40	93.30	74.10	120.10	g
Contenido de humedad (ω)	17.44	18.05	20.09	19.40	24.29	24.06	%
Promedio contenido de humedad (ω)	17.75		19.75		24.18		%
Peso Volumétrico Seco γ_d	1.626		1.569		1.216		g/cm ³

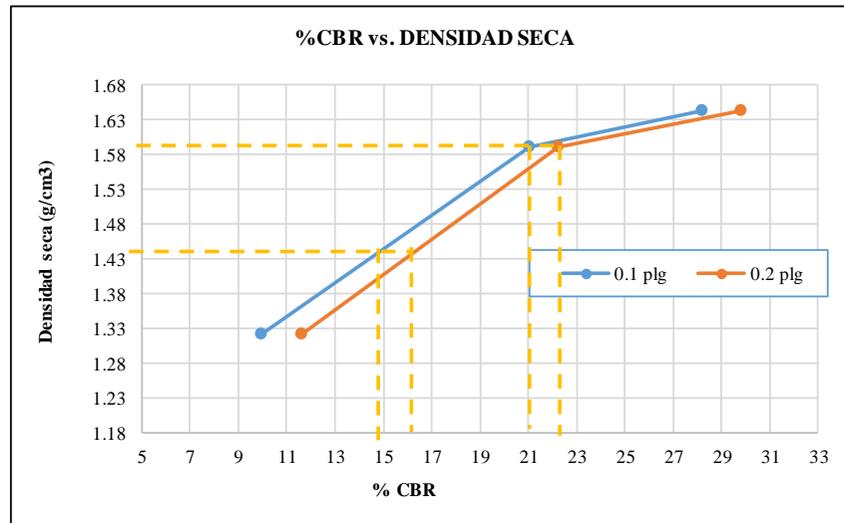
MÁQUINA DE COMPRESIÓN SIMPLE (CONTROLS)

Área de Pistón	3	in ²		Velocida de carga	1.270	mm/min	
					0.05	in/min	

PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/in ²)	MOLDE Nº 1 (56 Golpes)				MOLDE Nº 2 (27 Golpes)				MOLDE Nº 3 (11 Golpes)			
mm	in *10 ⁻³		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
				Leída	Correg.			Leída	Correg.			Leída	Correg.	
0	0	1000	0.0	0	28.23	0.0	0	21.06	0.0	0	9.94	0.0	0	
0.64	25		316.6	105.5		229.6	76.5		90.2	30.1				
1.27	50		533.3	177.8		399.3	133.1		169.3	56.4				
1.91	75		703.8	234.6		530.8	176.9		238.1	79.4				
2.54	100		847.0	282.3		631.9	210.6		298.2	99.4				
3.81	150		1127.8	375.9		826.8	275.6		426.8	142.3				
5.08	200		1342.1	447.4		1000.1	333.4		522.3	174.1				
6.35	250		1480.4	493.5		1108.1	369.4		568.1	189.4				
7.62	300		1562.2	520.7		1173.8	391.3		593.8	197.9				
10.16	400		1657.6	552.5		1232.6	410.9		652.6	217.5				
12.7	500	1728.6	576.2	1288.0	429.3	708.0	236.0							



MOLDE		1	2	3
CBR %	0.1"	28.23	21.06	9.94
	0.2"	29.82	22.22	11.61
Densida Seca	g/cm ³	1.644	1.592	1.322



Densidad seca máx :	1.673	g/cm ³
---------------------	-------	-------------------

Densidad seca máx	% CBR-0,1 in	% CBR-0,2 in	MAYOR % CBR
90% DSM = 1.506	14.8	16.3	16.3
95% DSM= 1.589	21.0	22.4	22.4

22.4

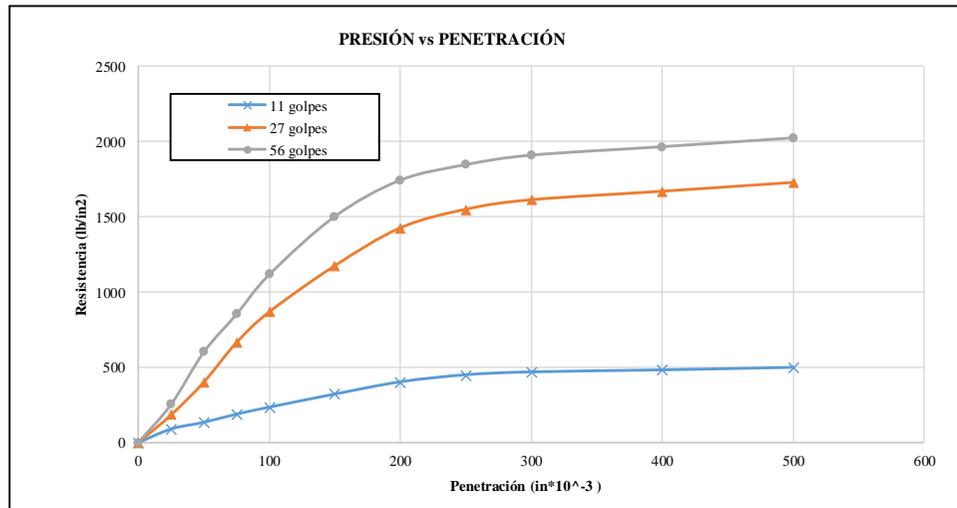
Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 160: Ensayo CBR, muestra 12

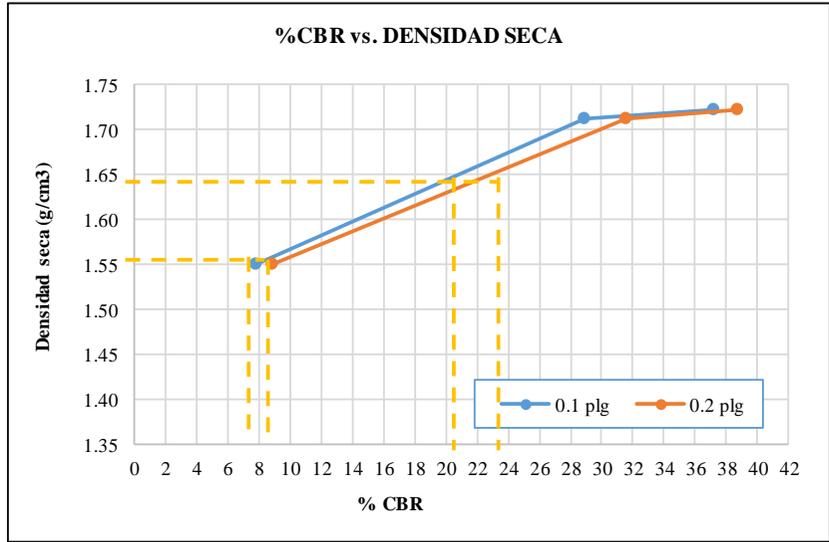
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO PARA DETERMINAR CBR					
Proyecto:	"CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICES Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."						
Vía:	Capilla de Guayama - Comuna Guangaje			Capa Vegetal:	5	cm	
ID Muestra:	P3			Profundidad:	100	cm	
Norma:	AASHTO T 193 - 2013			Coordenadas:	17	741880	9906220
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO							
Peso Muestra	5000	g		Densidad Máx. Seca	1.728		g/cm ³
Peso Martillo	10	lb		W% Óptimo	15.77		%
Altura de Caída	18	in					
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR							
MOLDE	7*		7		5		
DIMENSIONES	Diámetro	15	Diámetro	15.1	Diámetro	15	cm
	Altura	18.1	Altura	17.8	Altura	17.9	cm
Nº de Capas	5		5		5		
Nº de Golpes	56		27		11		
Peso Húmeda + Molde	14558		14563		12456		g
Peso Molde	8175		8245		6789		g
Peso de Muestra Húmeda	6383		6318		5667		g
Volumen Muestra	3198.53		3187.60		3163.19		cm ³
Peso unitario Húmedo γ_m	1.996		1.982		1.792		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	15	16	18	21	67	97	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	168.63	155.48	174.54	183.02	157.17	146.87	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	149.91	138.41	155.09	162.78	139.80	131.70	g
Peso del agua (Ww)	18.72	17.07	19.45	20.24	17.37	15.17	g
Peso del recipiente (Wr)	31.10	31.10	32.20	33.20	30.90	31.00	g
Peso de la muestra seca (Ws)	118.81	107.31	122.89	129.58	108.90	100.70	g
Contenido de humedad (ω)	15.76	15.91	15.83	15.62	15.95	15.06	%
Promedio contenido de humedad (ω)	15.83		15.72		15.51		%
Peso Volumétrico Seco γ_d	1.723		1.713		1.551		g/cm ³
DESPÚES DE LA SATURACIÓN							
Peso Húmeda + Molde	14589		14657		12778		g
Peso Molde	8175		8245		6789		g
Peso de Muestra Húmeda	6414		6412		5989		g
Volumen Muestra	3198.53		3187.60		3163.19		cm ³
Peso unitario Húmedo γ_m	2.005		2.012		1.893		g/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente Número	18	33	27	79	25	11	
Peso muestra húmeda + recipiente (Wm + Wr)	146.34	129.28	140.47	141.70	163.45	126.60	g
Peso muestra seca + recipiente (Ws + Wr)	130.50	115.40	124.51	125.60	140.80	110.80	g
Peso del agua (Ww)	15.84	13.88	15.96	16.10	22.65	15.80	g
Peso del recipiente (Wr)	31.70	31.10	30.60	30.80	31.00	30.80	g
Peso de la muestra seca (Ws)	98.80	84.30	93.91	94.80	109.80	80.00	g
Contenido de humedad (ω)	16.03	16.47	16.99	16.98	20.63	19.75	%
Promedio contenido de humedad (ω)	16.25		16.99		20.19		%

MÁQUINA DE COMPRESIÓN SIMPLE (CONTROLS)

Área de Pistón	3	in ²		Velocida de carga	1.270	mm/min								
					0.05	in/min								
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/in ²)	MOLDEN° 1 (56 Golpes)				MOLDEN° 2 (27 Golpes)				MOLDEN° 3 (11 Golpes)			
mm	in *10-3		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
		Leída		Correg.	Leída			Correg.	Leída			Correg.	Leída	
0	0	1000	0	0	371.93	37.19	0	0	288.60	28.86	0	0	77.83	7.78
0.64	25		253.1	84.4			183.1	61.0			89.7	29.9		
1.27	50		600.4	200.1			400.4	133.5			133.8	44.6		
1.91	75		852.6	284.2			662.6	220.9			187.9	62.6		
2.54	100		1115.8	371.9			865.8	288.6			233.5	77.8		
3.81	150		1501.6	500.5			1171.6	390.5			319.8	106.6		
5.08	200		1742.6	580.9			1422.6	474.2			400.4	133.5		
6.35	250		1845.6	615.2			1545.6	515.2			446.8	148.9		
7.62	300		1908.7	636.2			1608.7	536.2			465.8	155.3		
10.16	400		1965.0	655.0			1665.0	555.0			478.9	159.6		
12.7	500	2023.5	674.5	1723.5	574.5	495.8	165.3	133.47	8.90					



MOLDE		1	2	3
CBR %	0.1"	37.19	28.86	7.78
	0.2"	38.72	31.61	8.90
Densida Seca	g/cm ³	1.723	1.713	1.551



Densidad seca máx :	1.728	gr/cm ³
---------------------	-------	--------------------

Densidad seca máx	% CBR-0,1 in	% CBR-0,2 in	MAYOR % CBR
90% DSM = 1.555	8	9.6	9.6
95% DSM= 1.642	19.85	22.3	22.3

22.3

Autor: Bryan Joaquín Mayorga Viteri

Tabla 161 Conteo de tráfico vehicular día 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
PROYECTO: "ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS EL TINGO Y GUANGAJE DEL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI"								
Hora	Día	Mes	Año	Sentido	Ubicación	Realizado	Día N° 1	
	LUNES	Noviembre	2022	Ambos	La Esperanza - Tahualo	Bryan Joaquín Mayorga Viteri		
Hora	Livianos		Buses	Camiones			Total Vehículos/ 15min	Total
				Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes		
7:00 – 7:15	10			1	0	0	11	36
7:15 – 7:30	7			2	0	0	9	
7:30 – 7:45	8			0	0	0	8	
7:45 – 8:00	6			2	0	0	8	
8:00 – 8:15	6			1	0	0	7	25
8:15 – 8:30	5			1	0	0	6	
8:30 – 8:45	6			0	0	0	6	
8:45 – 9:00	5			1	0	0	6	
9:00 – 9:15	3			1	0	0	4	23
9:15 – 9:30	4			2	0	0	6	
9:30 – 9:45	5			1	0	0	6	
9:45 – 10:00	5			2	0	0	7	
10:00 – 10:15	4			0	0	0	4	24
10:15 – 10:30	5			2	0	0	7	
10:30 – 10:45	6			1	0	0	7	
10:45 – 11:00	4			2	0	0	6	
11:00 – 11:15	7			1	0	0	8	26
11:15 – 11:30	5			0	0	0	5	
11:30 – 11:45	4			1	0	0	5	
11:45 – 12:00	6			2	0	0	8	
12:00 – 12:15	8			1	0	0	9	35
12:15 – 12:30	6			2	0	0	8	
12:30 – 12:45	7			1	0	0	8	
12:45 – 13:00	8			2	0	0	10	
13:00 – 13:15	5			1	0	0	6	23
13:15 – 13:30	4			2	0	0	6	
13:30 – 13:45	3			1	0	0	4	
13:45 – 14:00	5			2	0	0	7	
14:00 – 14:15	7			1	0	0	8	22
14:15 – 14:30	3			1	0	0	4	
14:30 – 14:45	4			0	0	0	4	
14:45 – 15:00	5			1	0	0	6	
15:00 – 15:15	6			1	0	0	7	20
15:15 – 15:30	4			1	0	0	5	
15:30 – 15:45	2			2	0	0	4	
15:45 – 16:00	3			1	0	0	4	
16:00 – 16:15	6			2	0	0	8	23
16:15 – 16:30	3			0	0	0	3	
16:30 – 16:45	5			1	0	0	6	
16:45 – 17:00	4			2	0	0	6	
17:00 – 17:15	6			1	0	0	7	26
17:15 – 17:30	4			2	0	0	6	
17:30 – 17:45	7			1	0	0	8	
17:45 – 18:00	5			0	0	0	5	
18:00 – 18:15	8			2	0	0	10	32
18:15 – 18:30	6			2	0	0	8	
18:30 – 18:45	5			1	0	0	6	
18:45 – 19:00	7			1	0	0	8	
Total	257		0	58	0	0	315	315

Tabla 162: Conteo de tráfico vehicular día 2

Tabla 163 Conteo de tráfico vehicular día 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
PROYECTO: "ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS EL TINGO Y GUANGAJE DEL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI"								
Hora	Día	Mes	Año	Sentido	Ubicación	Realizado	Día N° 2	
	MARTES	Noviembre	2022	Ambos	La Esperanza - Tahualo	Bryan Joaquín Mayorga Viteri		
	Livianos		Buses	Camiones			Total Vehículos/ 15min	Total
				Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes		
0 – 7:15	8			1	0	0	9	31
5 – 7 :30	5			1	0	0	6	
0 – 7:45	7			1	0	0	8	
5 – 8:00	6			2	0	0	8	
0 – 8:15	6			0	0	0	6	27
5 – 8 :30	5			1	0	0	6	
0 – 8:45	4			2	0	0	6	
5 – 9:00	8			1	0	0	9	
0 – 9:15	3			1	0	0	4	18
5 – 9 :30	2			0	0	0	2	
0 – 9:45	4			1	0	0	5	
5 – 10:00	5			2	0	0	7	
0 – 10:15	2			0	0	0	2	15
5 – 10 :30	3			2	0	0	5	
0 – 10:45	4			0	0	0	4	
5 – 11:00	2			2	0	0	4	
0 – 11:15	3			1	0	0	4	18
5 – 11 :30	5			1	0	0	6	
0 – 11:45	4			1	0	0	5	
5 – 12:00	1			2	0	0	3	
0 – 12:15	6			0	0	0	6	31
5 – 12 :30	8			2	0	0	10	
0 – 12:45	7			1	0	0	8	
5 – 13:00	5			2	0	0	7	
0 – 13:15	6			2	0	0	8	30
5 – 13 :30	8			0	0	0	8	
0 – 13:45	7			1	0	0	8	
5 – 14:00	4			2	0	0	6	
0 – 14:15	6			1	0	0	7	27
5 – 14 :30	6			1	0	0	7	
0 – 14:45	8			0	0	0	8	
5 – 15:00	4			1	0	0	5	
0 – 15:15	1			1	0	0	2	26
5 – 15 :30	5			1	0	0	6	
0 – 15:45	8			2	0	0	10	
5 – 16:00	7			1	0	0	8	
0 – 16:15	5			2	0	0	7	22
5 – 16 :30	3			0	0	0	3	
0 – 16:45	5			1	0	0	6	
5 – 17:00	4			2	0	0	6	
0 – 17:15	4			1	0	0	5	27
5 – 17 :30	4			2	0	0	6	
0 – 17:45	7			1	0	0	8	
5 – 18:00	8			0	0	0	8	
0 – 18:15	7			2	0	0	9	34
5 – 18 :30	6			2	0	0	8	
0 – 18:45	8			1	0	0	9	
5 – 19:00	7			1	0	0	8	
Total	251		0	55	0	0	306	306

Tabla 164: Conteo de tráfico vehicular día 3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
PROYECTO: "ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS EL TINGO Y GUANGAJE DEL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI"								
Hora	Día	Mes	Año	Sentido	Ubicación	Realizado	Día N° 3	
	MIERCOLES	Noviembre	2022	Ambos	La Esperanza - Tahualo	Bryan Joaquín Mayorga Viteri		
Hora	Livianos		Buses	Camiones			Total Vehículos/ 15min	Total
				Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes		
7:00 – 7:15	6		0	0	0	0	6	25
7:15 – 7:30	8		0	2	0	0	10	
7:30 – 7:45	2		0	1	0	0	3	
7:45 – 8:00	5		0	1	0	0	6	
8:00 – 8:15	3		0	2	0	0	5	23
8:15 – 8:30	7		0	0	0	0	7	
8:30 – 8:45	3		0	2	0	0	5	
8:45 – 9:00	5		0	1	0	0	6	
9:00 – 9:15	3		0	1	0	0	4	18
9:15 – 9:30	2		0	1	0	0	3	
9:30 – 9:45	5		0	0	0	0	5	
9:45 – 10:00	4		0	2	0	0	6	
10:00 – 10:15	5		0	1	0	0	6	23
10:15 – 10:30	4		0	2	0	0	6	
10:30 – 10:45	2		0	1	0	0	3	
10:45 – 11:00	8		0	0	0	0	8	
11:00 – 11:15	4		0	1	0	0	5	17
11:15 – 11:30	3		0	1	0	0	4	
11:30 – 11:45	5		0	1	0	0	6	
11:45 – 12:00	1		0	1	0	0	2	
12:00 – 12:15	7		0	0	0	0	7	26
12:15 – 12:30	8		0	2	0	0	10	
12:30 – 12:45	5		0	1	0	0	6	
12:45 – 13:00	3		0	0	0	0	3	
13:00 – 13:15	5		0	1	0	0	6	33
13:15 – 13:30	9		0	2	0	0	11	
13:30 – 13:45	7		0	1	0	0	8	
13:45 – 14:00	7		0	1	0	0	8	
14:00 – 14:15	6		0	1	0	0	7	22
14:15 – 14:30	1		0	1	0	0	2	
14:30 – 14:45	5		0	2	0	0	7	
14:45 – 15:00	5		0	1	0	0	6	
15:00 – 15:15	7		0	1	0	0	8	27
15:15 – 15:30	9		0	0	0	0	9	
15:30 – 15:45	2		0	1	0	0	3	
15:45 – 16:00	5		0	2	0	0	7	
16:00 – 16:15	6		0	1	0	0	7	24
16:15 – 16:30	4		0	2	0	0	6	
16:30 – 16:45	3		0	1	0	0	4	
16:45 – 17:00	7		0	0	0	0	7	
17:00 – 17:15	5		0	1	0	0	6	28
17:15 – 17:30	8		0	2	0	0	10	
17:30 – 17:45	4		0	1	0	0	5	
17:45 – 18:00	6		0	1	0	0	7	
18:00 – 18:15	3		0	2	0	0	5	29
18:15 – 18:30	4		0	1	0	0	5	
18:30 – 18:45	8		0	1	0	0	9	
18:45 – 19:00	9		0	1	0	0	10	
Total	243		0	52	0	0	295	295

Tabla 165: Conteo de tráfico vehicular día 4

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
PROYECTO: "ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS EL TINGO Y GUANGAJE DEL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI"								
	Día	Mes	Año	Sentido	Ubicación	Realizado	Día N° 4	
	Sábado	Noviembre	2022	Ambos	La Esperanza - Tahualo	Bryan Joaquín Mayorga Viteri		
Hora	Livianos		Buses	Camiones			Total Vehículos/ 15min	Total
				Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes		
7:00 – 7:15	5		0	1	0	0	6	27
7:15 – 7:30	8		0	2	0	0	10	
7:30 – 7:45	5		0	0	0	0	5	
7:45 – 8:00	4		0	2	0	0	6	
8:00 – 8:15	4		0	3	0	0	7	26
8:15 – 8:30	6		0	3	0	0	9	
8:30 – 8:45	5		0	3	0	0	8	
8:45 – 9:00	1		0	1	0	0	2	
9:00 – 9:15	2		0	1	0	0	3	21
9:15 – 9:30	4		0	2	0	0	6	
9:30 – 9:45	5		0	1	0	0	6	
9:45 – 10:00	6		0	0	0	0	6	
10:00 – 10:15	3		0	2	0	0	5	16
10:15 – 10:30	4		0	2	0	0	6	
10:30 – 10:45	2		0	1	0	0	3	
10:45 – 11:00	1		0	1	0	0	2	
11:00 – 11:15	3		0	2	0	0	5	23
11:15 – 11:30	5		0	1	0	0	6	
11:30 – 11:45	4		0	2	0	0	6	
11:45 – 12:00	6		0	0	0	0	6	
12:00 – 12:15	4		0	2	0	0	6	16
12:15 – 12:30	2		0	1	0	0	3	
12:30 – 12:45	5		0	0	0	0	5	
12:45 – 13:00	1		0	1	0	0	2	
13:00 – 13:15	3		0	2	0	0	5	24
13:15 – 13:30	4		0	2	0	0	6	
13:30 – 13:45	5		0	1	0	0	6	
13:45 – 14:00	6		0	1	0	0	7	
14:00 – 14:15	4		0	2	0	0	6	17
14:15 – 14:30	2		0	1	0	0	3	
14:30 – 14:45	5		0	0	0	0	5	
14:45 – 15:00	2		0	1	0	0	3	
15:00 – 15:15	4		0	0	0	0	4	20
15:15 – 15:30	6		0	0	0	0	6	
15:30 – 15:45	4		0	2	0	0	6	
15:45 – 16:00	3		0	1	0	0	4	
16:00 – 16:15	2		0	1	0	0	3	25
16:15 – 16:30	5		0	0	0	0	5	
16:30 – 16:45	8		0	1	0	0	9	
16:45 – 17:00	6		0	2	0	0	8	
17:00 – 17:15	4		0	1	0	0	5	20
17:15 – 17:30	6		0	0	0	0	6	
17:30 – 17:45	4		0	2	0	0	6	
17:45 – 18:00	2		0	1	0	0	3	
18:00 – 18:15	3		0	2	0	0	5	26
18:15 – 18:30	4		0	2	0	0	6	
18:30 – 18:45	6		0	0	0	0	6	
18:45 – 19:00	8		0	1	0	0	9	
Total	201		0	60	0	0	261	261

Tabla 166: Conteo de tráfico vehicular día 5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
PROYECTO: "ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS EL TINGO Y GUANGAJE DEL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI"								
	Día	Mes	Año	Sentido	Ubicación	Realizado	Día N° 5	
	Sábado	Noviembre	2022	Ambos	La Esperanza - Tahualo	Bryan Joaquín Mayorga Viteri		
Hora	Livianos		Buses	Camiones			Total Vehículos/ 15min	Total
				Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes		
7:00 – 7:15	7			1	0	0	8	31
7:15 – 7:30	7			2	0	0	9	
7:30 – 7:45	6			1	0	0	7	
7:45 – 8:00	5			2	0	0	7	
8:00 – 8:15	5			2	0	0	7	27
8:15 – 8:30	6			1	0	0	7	
8:30 – 8:45	5			2	0	0	7	
8:45 – 9:00	5			1	0	0	6	
9:00 – 9:15	3			1	0	0	4	21
9:15 – 9:30	3			1	0	0	4	
9:30 – 9:45	5			1	0	0	6	
9:45 – 10:00	5			2	0	0	7	
10:00 – 10:15	4			1	0	0	5	21
10:15 – 10:30	4			2	0	0	6	
10:30 – 10:45	4			1	0	0	5	
10:45 – 11:00	4			1	0	0	5	
1:00 – 11:15	4			1	0	0	5	21
1:15 – 11:30	5			1	0	0	6	
1:30 – 11:45	4			1	0	0	5	
1:45 – 12:00	4			1	0	0	5	
2:00 – 12:15	6			1	0	0	7	27
2:15 – 12:30	6			2	0	0	8	
2:30 – 12:45	6			1	0	0	7	
2:45 – 13:00	4			1	0	0	5	
3:00 – 13:15	5			2	0	0	7	30
3:15 – 13:30	6			2	0	0	8	
3:30 – 13:45	6			1	0	0	7	
3:45 – 14:00	6			2	0	0	8	
4:00 – 14:15	6			1	0	0	7	23
4:15 – 14:30	3			1	0	0	4	
4:30 – 14:45	6			1	0	0	7	
4:45 – 15:00	4			1	0	0	5	
5:00 – 15:15	5			1	0	0	6	25
5:15 – 15:30	6			1	0	0	7	
5:30 – 15:45	4			2	0	0	6	
5:45 – 16:00	5			1	0	0	6	
6:00 – 16:15	5			2	0	0	7	25
6:15 – 16:30	4			1	0	0	5	
6:30 – 16:45	5			1	0	0	6	
6:45 – 17:00	5			2	0	0	7	
7:00 – 17:15	5			1	0	0	6	27
7:15 – 17:30	6			2	0	0	8	
7:30 – 17:45	6			1	0	0	7	
7:45 – 18:00	5			1	0	0	6	
8:00 – 18:15	5			2	0	0	7	31
8:15 – 18:30	5			2	0	0	7	
8:30 – 18:45	7			1	0	0	8	
8:45 – 19:00	8			1	0	0	9	
Total	245		0	64	0	0	309	309

Tabla 167: Conteo de tráfico vehicular día 6

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
PROYECTO: "ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS EL TINGO Y GUANGAJE DEL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI"								
	Día	Mes	Año	Sentido	Ubicación	Realizado	Día N° 6	
	Sábado	Noviembre	2022	Ambos	La Esperanza - Tahualo	Bryan Joaquín Mayorga Viteri		
Hora	Livianos		Buses	Camiones			Total Vehículos/ 15min	Total
				Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes		
7:00 – 7:15	7			1	0	0	8	26
7:15 – 7:30	6			0	0	0	6	
7:30 – 7:45	5			1	0	0	6	
7:45 – 8:00	4			2	0	0	6	
8:00 – 8:15	4			0	0	0	4	23
8:15 – 8:30	5			1	0	0	6	
8:30 – 8:45	6			2	0	0	8	
8:45 – 9:00	4			1	0	0	5	
9:00 – 9:15	5			1	0	0	6	20
9:15 – 9:30	3			1	0	0	4	
9:30 – 9:45	4			0	0	0	4	
9:45 – 10:00	4			2	0	0	6	
10:00 – 10:15	5			1	0	0	6	17
10:15 – 10:30	3			2	0	0	5	
10:30 – 10:45	2			0	0	0	2	
10:45 – 11:00	3			1	0	0	4	
11:00 – 11:15	6			1	0	0	7	21
11:15 – 11:30	4			1	0	0	5	
11:30 – 11:45	5			1	0	0	6	
11:45 – 12:00	2			1	0	0	3	
12:00 – 12:15	7			1	0	0	8	28
12:15 – 12:30	5			2	0	0	7	
12:30 – 12:45	7			1	0	0	8	
12:45 – 13:00	4			1	0	0	5	
13:00 – 13:15	4			2	0	0	6	21
13:15 – 13:30	3			0	0	0	3	
13:30 – 13:45	5			1	0	0	6	
13:45 – 14:00	4			2	0	0	6	
14:00 – 14:15	4			1	0	0	5	21
14:15 – 14:30	5			1	0	0	6	
14:30 – 14:45	5			1	0	0	6	
14:45 – 15:00	3			1	0	0	4	
15:00 – 15:15	3			1	0	0	4	22
15:15 – 15:30	5			1	0	0	6	
15:30 – 15:45	5			2	0	0	7	
15:45 – 16:00	4			1	0	0	5	
16:00 – 16:15	4			2	0	0	6	21
16:15 – 16:30	3			1	0	0	4	
16:30 – 16:45	4			1	0	0	5	
16:45 – 17:00	6			0	0	0	6	
17:00 – 17:15	4			1	0	0	5	22
17:15 – 17:30	5			2	0	0	7	
17:30 – 17:45	4			0	0	0	4	
17:45 – 18:00	5			1	0	0	6	
18:00 – 18:15	5			2	0	0	7	26
18:15 – 18:30	4			0	0	0	4	
18:30 – 18:45	7			1	0	0	8	
18:45 – 19:00	6			1	0	0	7	
Total	217		0	51	0	0	268	268

Tabla 168: Conteo de tráfico vehicular día 7

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
PROYECTO: "ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS EL TINGO Y GUANGAJE DEL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI"								
Hora	Día	Mes	Año	Sentido	Ubicación	Realizado	Día N° 7	
	DOMINGO	Noviembre	2022	Ambos	La Esperanza - Tahualo	Bryan Joaquín Mayorga Viteri		
Hora	Livianos		Buses	Camiones			Total Vehículos/ 15min	Total
				Dos ejes	Tres ejes	>Tres ejes		
7:00 – 7:15	8			1	0	0	9	28
7:15 – 7:30	6			2	0	0	8	
7:30 – 7:45	4			1	0	0	5	
7:45 – 8:00	4			2	0	0	6	
8:00 – 8:15	3			2	0	0	5	20
8:15 – 8:30	5			1	0	0	6	
8:30 – 8:45	4			1	0	0	5	
8:45 – 9:00	3			1	0	0	4	
9:00 – 9:15	4			1	0	0	5	18
9:15 – 9:30	2			1	0	0	3	
9:30 – 9:45	5			1	0	0	6	
9:45 – 10:00	4			0	0	0	4	
10:00 – 10:15	3			1	0	0	4	17
10:15 – 10:30	5			2	0	0	7	
10:30 – 10:45	2			0	0	0	2	
10:45 – 11:00	3			1	0	0	4	
11:00 – 11:15	6			1	0	0	7	20
11:15 – 11:30	3			1	0	0	4	
11:30 – 11:45	4			1	0	0	5	
11:45 – 12:00	3			1	0	0	4	
12:00 – 12:15	8			1	0	0	9	27
12:15 – 12:30	4			2	0	0	6	
12:30 – 12:45	5			1	0	0	6	
12:45 – 13:00	5			1	0	0	6	
13:00 – 13:15	3			2	0	0	5	23
13:15 – 13:30	4			2	0	0	6	
13:30 – 13:45	5			1	0	0	6	
13:45 – 14:00	4			2	0	0	6	
14:00 – 14:15	5			1	0	0	6	24
14:15 – 14:30	6			1	0	0	7	
14:30 – 14:45	4			1	0	0	5	
14:45 – 15:00	5			1	0	0	6	
15:00 – 15:15	4			1	0	0	5	22
15:15 – 15:30	5			0	0	0	5	
15:30 – 15:45	6			2	0	0	8	
15:45 – 16:00	3			1	0	0	4	
16:00 – 16:15	6			2	0	0	8	23
16:15 – 16:30	3			1	0	0	4	
16:30 – 16:45	4			1	0	0	5	
16:45 – 17:00	5			1	0	0	6	
17:00 – 17:15	7			2	0	0	9	25
17:15 – 17:30	5			0	0	0	5	
17:30 – 17:45	5			1	0	0	6	
17:45 – 18:00	4			1	0	0	5	
18:00 – 18:15	8			2	0	0	10	28
18:15 – 18:30	5			1	0	0	6	
18:30 – 18:45	4			1	0	0	5	
18:45 – 19:00	6			1	0	0	7	
Total	219		0	56	0	0	275	275