



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

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

TEMA:

**“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES
ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LAS PARROQUIAS:
BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA DEL CANTÓN BAÑOS DE
AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, ECUADOR.”**

Autor: Kevin Adrián Banda Casañas

Tutor: Ing. MSc. Favio Paul Portilla Yandún

AMBATO - ECUADOR

Septiembre – 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, con el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LAS PARROQUIAS: BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, ECUADOR.”**, elaborado por el Sr. Kevin Adrián Banda Casañas, portador de la cédula de ciudadanía: C.I.: 180441922-2, 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, Septiembre 2021

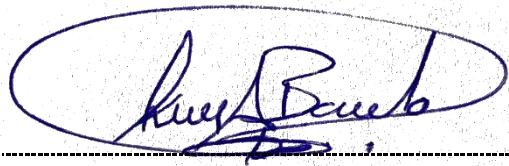
Ing. MSc. Favio Paul Portilla Yandún

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Kevin Adrián Banda Casañas, con C.I.: 180441922-2 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LAS PARROQUIAS: BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, ECUADOR”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Septiembre 2021



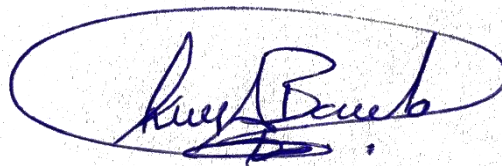
Kevin Adrián Banda Casañas
C.I: 180441922-2
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, Septiembre 2021

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval. The signature appears to read 'Kevin Banda Casañas'.

Kevin Adrián Banda Casañas
C.I: 180441922-2
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Kevin Adrián Banda Casañas. de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DE LAS PARROQUIAS: BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, ECUADOR.”**.

Ambato, Septiembre 2021

Para constancia firman:

Ing. Mg. Ruth Lorena Pérez Maldonado

Miembro Calificador

Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes

Miembro Calificador

DEDICATORIA

A Dios quien ha permitido que culmine mi carrera universitaria.

A mis padres quienes han sido mi soporte, en especial a mi madre que con su sabiduría ha logrado sacarme adelante en todo momento para que pueda cumplir mis metas.

A Graciela quien es mi apoyo, en esta travesía como estudiante y soporte en estos últimos momentos que hemos vivido juntos.

En especial a mi hijo Liam Benjamín, que a pesar de los duros momentos que hemos atravesado, ha demostrado una gran fortaleza y ha sido fuente de motivación e inspiración para que yo pueda progresar como persona y así superarme día a día para lograr este objetivo.

Adrián Banda

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios quien ha brindado las bendiciones para que yo pueda culminar mi carrera universitaria.

Un profundo agradecimiento a mis padres, mi esposa y mi hijo por su fortaleza, apoyo y motivación durante mi vida sobre todo en mi etapa estudiantil, quienes han estado en cada semestre y al momento de realizar este proyecto.

Un sincero agradecimiento a mi tutor el Ing. Favio Portilla por su paciencia y por transmitir los conocimientos para la realización de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii

B. CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	1
1.1.1. ANTECEDENTES	1
1.1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.1.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	3
1.1.3.1. SUELO	3
d. SUELOS GRANULARES	4
1.1.3.2. CLASIFICACIÓN DE SUELOS	4
1.1.3.3. PROPIEDADES ÍNDICE	9
1.1.3.4. GRANULOMETRÍA	10
1.1.3.5. LÍMITES DE ATTERBERG	12
1.1.3.6. PROPIEDADES MECÁNICAS	14
1.1.3.7. PAVIMENTOS.....	19
1.1.3.8. ESTUDIO DE TRÁFICO	20
1.1.3.9. DISEÑO PAVIMENTO FLEXIBLE.....	21
1.1.3.10. REGRESIÓN y CORRELACIÓN	28
1.1.4. HIPÓTESIS	28

1.1.4.1. HIPÓTESIS ALTERNATIVA	28
1.1.4.2 HIPÓTESIS NULA	28
1.2. OBJETIVOS	29
a. Objetivo General	29
b. Objetivos Específicos	29
CAPÍTULO II	30
METODOLOGÍA	30
2.1. Tipo de Investigación	30
2.1.1. Investigación Exploratoria	30
2.1.2. Investigación Aplicada	30
2.1.3. Investigación Experimental	30
2.2. Población.....	30
2.2.1. Parroquia Baños Agua Santa	30
2.2.2. Parroquia Lligua	30
2.3. Muestra.....	31
2.4. Materiales y Equipos.....	34
2.5. Métodos.....	35
2.5.1. Plan de Recolección de datos.....	35
2.5.2. Plan de Procesamiento y Análisis de información.....	38
2.5.2.1. Plan de Procesamiento.....	38
2.5.2.2. Análisis de información.....	39
CAPÍTULO III	43
3.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	43
3.2. CÁLCULO DE TRÁFICO	71
3.3. DISEÑO PAVIMENTO FLEXIBLE.....	79
3.4. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	91
a. HIPÓTESIS ALTERNATIVA	91
b. HIPÓTESIS NULA	91
CAPÍTULO IV	92
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
4.1. CONCLUSIONES.....	92
4.2. RECOMENDACIONES	94
BIBLIOGRAFÍA	96
ANEXOS	98

a. Tablas de Resultados.....	98
------------------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de grupos de suelos A-1 hasta A-3	5
Tabla 2. Clasificación general de grupos de suelos de A-4 hasta A-7.....	6
Tabla 3. Clasificación de suelos. Prefijo.....	7
Tabla 4. Tabla 4. Clasificación de Suelo. Sufijo.....	7
Tabla 5. Tamices para Gravas según la ASTM.....	11
Tabla 6. Tamices para Arenas según la ASTM.....	11
Tabla 7. Especificaciones PROCTOR ESTÁNDAR.....	15
Tabla 8. Especificaciones PROCTOR MODIFICADO.....	16
Tabla 9. Clasificación de acuerdo con valor de CBR	18
Tabla 10. Confiabilidad recomendada por la AASHTO.....	21
Tabla 11. Desviación Estándar Normal Zr.....	22
Tabla 12. Índice de Serviciabilidad.....	23
Tabla 13. Coeficiente de Drenaje.....	23
Tabla 14. Coordenadas pertenecientes a la Parroquia Baños.....	31
Tabla 15. Coordenadas pertenecientes a la Parroquia Lligua	31
Tabla 16. Materiales y Equipos.....	34
Tabla 17. Plan de Recolección de datos.....	35
Tabla 18. Correlación tres variables. Método Lineal.....	39

Tabla 19. Correlación tres variables. Método Exponencial	40
Tabla 20. Correlación tres variables. Método Logarítmico	41
Tabla 21. Correlación tres variables. Método Potencial	42
Tabla 22. Nomenclatura	43
Tabla 23. Resumen Propiedades del Suelo 1	44
Tabla 24. Resumen Propiedades del Suelo 2	45
Tabla 25. Resumen de las correlaciones	47
Tabla 26. Volumen Horario de Máxima Demanda	71
Tabla 27. TPDA Actual.....	73
Tabla 28. Tráfico Actual	73
Tabla 29. Factor de daño	76
Tabla 30. Cálculo de Ejes Equivalentes	78
Tabla 31. Confiabilidad, R.....	79
Tabla 32. DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL, Zr.....	79
Tabla 33. Coeficiente de Drenaje.....	83
Tabla 34. Coeficiente de Drenaje- m1, m2	83
Tabla 35. Datos de primer diseño para introducir a Software DISAASHTO-93.....	85
Tabla 36. Tamaño de Espesor de las capas del Primer Diseño de Pavimento	86
Tabla 37. Datos para Ingresar al software DISAASHTO-93.....	89
Tabla 38. Tabla de los espesores del segundo diseño de pavimento	90
Tabla 39. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD.....	98

Tabla 40. LÍMITES DE ATTERBERG	99
Tabla 41. DENSIDAD DE CAMPO.....	100
Tabla 42. DCP IN SITU	101
Tabla 43. GRAVEDAD ESPECÍFICA.....	102
Tabla 44. PROCTOR MODIFICADO.....	103
Tabla 45. ENSAYO DE COMPACTACIÓN	104
Tabla 46. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN	105
Tabla 47. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD.....	106
Tabla 48. LÍMITES DE ATTERBERG	107
Tabla 49. DENSIDAD DE CAMPO.....	108
Tabla 50. DCP IN SITU	109
Tabla 51. GRAVEDAD ESPECÍFICA.....	110
Tabla 52. PROCTOR MODIFICADO.....	111
Tabla 53. ENSAYO DE COMPACTACIÓN	112
Tabla 54. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN	113
Tabla 55. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD.....	114
Tabla 56. LÍMITES DE ATTERBERG	115
Tabla 57. DENSIDAD DE CAMPO.....	116
Tabla 58. DCP IN SITU	117
Tabla 59. GRAVEDAD ESPECÍFICA.....	119
Tabla 60. PROCTOR MODIFICADO.....	120

Tabla 61. ENSAYO DE COMPACTACIÓN	121
Tabla 62. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN	122
Tabla 63. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD.....	123
Tabla 64. LÍMITES DE ATTERBERG	124
Tabla 65. DENSIDAD DE CAMPO.....	125
Tabla 66. DCP IN SITU.....	126
Tabla 67. GRAVEDAD ESPECÍFICA.....	128
Tabla 68. PROCTOR MODIFICADO.....	129
Tabla 69. ENSAYO DE COMPACTACIÓN	130
Tabla 70. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN	131
Tabla 71. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD.....	132
Tabla 72. LÍMITES DE ATTERBERG	133
Tabla 73. DENSIDAD DE CAMPO.....	134
Tabla 74. DCP IN SITU.....	135
Tabla 75. GRAVEDAD ESPECÍFICA.....	138
Tabla 76. PROCTOR MODIFICADO.....	139
Tabla 77. ENSAYO DE COMPACTACIÓN	140
Tabla 78. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN	141
Tabla 79 GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD.....	142
Tabla 80. LÍMITES DE ATTERBERG	143
Tabla 81. DENSIDAD DE CAMPO.....	144

Tabla 82. DCP IN SITU.....	145
Tabla 83. GRAVEDAD ESPECÍFICA.....	148
Tabla 84. PROCTOR MODIFICADO.....	149
Tabla 85. ENSAYO DE COMPACTACIÓN.....	150
Tabla 86. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN.....	151
Tabla 87. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD.....	152
Tabla 88. LÍMITES DE ATTERBERG.....	153
Tabla 89. DENSIDAD DE CAMPO.....	154
Tabla 90. DCP IN SITU.....	155
Tabla 91. GRAVEDAD ESPECÍFICA.....	158
Tabla 92. PROCTOR MODIFICADO.....	159
Tabla 93. ENSAYO DE COMPACTACIÓN.....	160
Tabla 94. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN.....	161
Tabla 95. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD.....	162
Tabla 96. LÍMITES DE ATTERBERG.....	163
Tabla 97. DENSIDAD DE CAMPO.....	164
Tabla 98. DCP IN SITU.....	165
Tabla 99. GRAVEDAD ESPECÍFICA.....	166
Tabla 100. PROCTOR MODIFICADO.....	167
Tabla 101. ENSAYO DE COMPACTACIÓN.....	168
Tabla 102. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN.....	169

Tabla 103. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD.....	170
Tabla 104. LÍMITES DE ATTERBERG.....	171
Tabla 105. DENSIDAD DE CAMPO.....	172
Tabla 106. DCP IN SITU.....	173
Tabla 107. GRAVEDAD ESPECÍFICA.....	176
Tabla 108. PROCTOR MODIFICADO.....	177
Tabla 109. ENSAYO DE COMPACTACIÓN.....	178
Tabla 110. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN.....	179
Tabla 111. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD.....	180
Tabla 112. LÍMITES DE ATTERBERG.....	181
Tabla 113. DENSIDAD DE CAMPO.....	182
Tabla 114. DCP IN SITU.....	183
Tabla 115. GRAVEDAD ESPECÍFICA.....	185
Tabla 116. PROCTOR MODIFICADO.....	186
Tabla 117. ENSAYO DE COMPACTACIÓN.....	187
Tabla 118. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN.....	188
Tabla 119. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD.....	189
Tabla 120. LÍMITES DE ATTERBERG.....	190
Tabla 121. DENSIDAD DE CAMPO.....	191
Tabla 122. DCP IN SITU.....	192
Tabla 123. GRAVEDAD ESPECÍFICA.....	193

Tabla 124. PROCTOR MODIFICADO.....	194
Tabla 125. ENSAYO DE COMPACTACIÓN	195
Tabla 126. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN	196
Tabla 127. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD.....	197
Tabla 128. LÍMITES DE ATTERBERG	198
Tabla 129. DENSIDAD DE CAMPO.....	199
Tabla 130. DCP IN SITU.....	200
Tabla 131. GRAVEDAD ESPECÍFICA.....	201
Tabla 132. PROCTOR MODIFICADO.....	202
Tabla 133. ENSAYO DE COMPACTACIÓN	203
Tabla 134. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN	204

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Carta de Plasticidad, SUCS	9
Figura 2. Influencia de Humedad de Compactación.....	17
Figura 3. Pérdida de serviciabilidad de diseño	24
Figura 4. Ábaco para estimar valor de Coeficiente estructural a3	25
Figura 5. Ábaco para estimar valor de Coeficiente estructural a2	26
Figura 6. Ábaco para estimar valor de Coeficiente estructural a1	27
Figura 7. Ubicación Calicatas	32
Figura 8. Clasificación Suelos SUCS Y AASHTO	33

Figura 9. Ensayo de densidad de campo de la vía Lligua-Osohuayco.....	36
Figura 10. Ensayo de densidad de campo de la vía Baños-Loma Chontilla	36
Figura 11. Ensayo de DCP en campo de la vía Lligua-Osohuayco	37
Figura 12. Tamices ubicados desde el Número 4 hasta el 200	37
Figura 13. Tamizaje manual de la muestra Baños-Ulba	38
Figura 14. Realización de Proctor Modificado	38
Figura 15. CARTA DE PLASTICIDAD DE SUCS	46
Figura 16. CARTA DE PLASTICIDAD AASHTO	46
Figura 17. CORRELACIÓN N°1 LÍMITE PLÁSTICO VS LÍMITE LÍQUIDO.....	49
Figura 18. CORRELACIÓN N°2 DENSIDAD SECA MÁXIMA VS HUMEDAD NATURAL.....	50
Figura 19. CORRELACIÓN N°3 DENSIDAD SECA MÁXIMA vs CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO.....	51
Figura 20. CORRELACIÓN N°4 GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA VS HUMEDAD NATURAL	52
Figura 21. CORRELACIÓN N° 5 DENSIDAD SECA MÁXIMA VS. RELACIÓN DE VACÍOS	53
Figura 22. CORRELACIÓN N° 6 HUMEDAD NATURAL VS. CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO- LÍMITE PLÁSTICO.....	54
Figura 23. CORRELACIÓN N° 7 HUMEDAD NATURAL VS. DENSIDAD SECA MÁXIMA-LÍMITE PLÁSTICO.....	55
Figura 24. CORRELACIÓN N° 8 LÍMITE PLÁSTICO VS. γ_d MÁX (gr/cm ³) - ARENAS (%).....	56

Figura 25. CORRELACIÓN Nª 9 DENSIDAD SECA IN SITU VS DENSIDAD SECA MÁXIMA- CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO.....	57
Figura 26. CORRELACIÓN Nª 10 DENSIDAD SECA IN SITU VS DENSIDAD SECA MÁXIMA- HUMEDAD NATURAL	58
Figura 27. CORRELACIÓN Nª 11 ÍNDICE DE PENETRACIÓN VS. DENSIDAD SECA IN SITU - HUMEDAD NATURAL.....	59
Figura 28. CORRELACIÓN Nª 12 ÍNDICE DE PENETRACIÓN VS. CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO - HUMEDAD NATURAL.....	60
Figura 29. CORRELACIÓN Nª 13 ÍNDICE DE PENETRACIÓN VS. DENSIDAD SECA MÁXIMA – CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD.....	61
Figura 30. CORRELACIÓN Nª 14 DENSIDAD SECA MÁXIMA VS ÍNDICE DE PENETRACIÓN – FINOS	62
Figura 31. CORRELACIÓN Nª 15 DENSIDAD SECA MÁXIMA VS ÍNDICE DE PENETRACIÓN – ÍNDICE PLÁSTICO	63
Figura 32. CORRELACIÓN Nª 16 LÍMITE LÍQUIDO VS CBR MAYOR – CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	64
Figura 33. CORRELACIÓN Nª 17 DENSIDAD SECA IN SITU VS CBR MAYOR – CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	65
Figura 34. CORRELACIÓN Nª 18 GRAVEDAD ESPECÍFICA VS CBR MAYOR- CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	66
Figura 35. CORRELACIÓN Nª 19 CONTENIDO DE HUMEDAD VS CBR MAYOR- LÍMITE PLÁSTICO.....	67
Figura 36. CORRELACIÓN Nª 20 DENSIDAD SECA MÁXIMA VS CBR MAYOR – RELACIÓN DE VACÍOS	68

Figura 37. CORRELACIÓN Nª 21 DENSIDAD SECA IN SITU VS. CBR MAYOR – CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	69
Figura 38. CORRELACIÓN Nª 22 CBR MAYOR VS. HUMEDAD NATURAL ..	70
Figura 39. Conteo de tráfico.....	71
Figura 40. Ábaco para estimar valor de Coeficiente estructural a1	81
Figura 41. Ábaco para estimar valor de Coeficiente estructural a2	82
Figura 42. Ábaco para estimar valor de Coeficiente estructural a3	82
Figura 43. Cálculo de SN	84
Figura 44. Datos Ingresados a Software DISAASHTO-93	85
Figura 45. Diseño Final del primer diseño de estructura de pavimento.....	86
Figura 46. Cálculo de Número Estructural (SN) Segundo diseño	88
Figura 47. Datos Ingresados a software DISAASHTO93	89
Figura 48. Diseño final del segundo diseño de pavimento	90
Figura 49. DCP IN SITU	102
Figura 50. DCP IN SITU	110
Figura 51. DCP IN SITU	119
Figura 52. DCP IN SITU	128
Figura 53. DCP IN SITU	137
Figura 54. DCP IN SITU	147
Figura 55. DCP IN SITU	157
Figura 56. DCP IN SITU	166

Figura 57. DCP IN SITU	176
Figura 58. DCP IN SITU	184
Figura 59. DCP IN SITU	193
Figura 60. DCP IN SITU	201

RESUMEN

El siguiente Proyecto de titulación tiene como objetivo el determinar los diferentes tipos de suelo que se encuentran en las dos parroquias ubicadas en el cantón Baños de Agua Santa donde se realizaron los estudios, para posteriormente determinar la correlación entre el DCP, CBR y las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares.

En la parroquias Baños de Agua Santa y Lligua se escogieron cuatro y dos vías respectivamente, en cada vía se realizaron dos calicatas con unas dimensiones de 1 metro cuadrado por un metro de profundidad y a una distancia de 500 metros entre cada calicata, para así poder realizar los ensayos de campo como: el Penetrómetro Dinámico de Cono, densidad de campo con Cono y arena de Ottawa para posteriormente recolectar 50 kilogramos de muestra de suelo y poder determinar los diferentes tipos de ensayos de Laboratorio como: granulometría, Ensayo Proctor Modificado, CBR entre otros y obtener un conocimiento de que tipos de suelos se encuentran en dichas parroquias y así poder analizar de manera estadística y determinar las correlaciones. Con los resultados se aporta una zonificación de los diferentes tipos de suelo que se encuentran en estas dos parroquias del cantón Baños de Agua Santa.

De igual manera se escogió la Vía Baños-Runtún para realizar el estudio de TPDA para un periodo de 20 años. Con todos los datos obtenidos se procede a realizar dos diseños de Pavimentos flexibles en el programa 'DISAASHTO-93'

Palabras Clave: DCP, CBR, Propiedades índice, Propiedades mecánicas, Baños, Lligua.

ABSTRACT

The following titling project aims to determine the different types of soil found in the two parishes located in the Baños de Agua Santa canton where the studies were carried out, to subsequently determine the correlation between the DCP, CBR and the index and mechanical properties of granular soils.

In the parishes of Baños de Agua Santa and Lligua, four and two roads were chosen respectively, in each road, two pits were made with dimensions of 1 square meter by one meter deep and at a distance of 500 meters between each pit, in order to perform field tests such as: Dynamic Cone Penetrometer, field density with Cone and Ottawa sand to subsequently collect 50 kilograms of soil sample and to determine the different types of laboratory tests such as: granulometry, Modified Proctor Test, CBR among others and obtain knowledge of what types of soils are found in these parishes and thus be able to analyze statistically and determine correlations. The results provide a zoning of the different soil types found in these two parishes of Baños de Agua Santa canton.

Likewise, the Baños-Runtún road was chosen to carry out the TPDA study for a period of 20 years. With all the data obtained, we proceeded to carry out two designs of flexible pavements in the 'DISAASHTO-93' program.

Key words: DCP, CBR, Index properties, Mechanical properties, Baths, Lligua.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1.1. ANTECEDENTES

En cualquier obra de Ingeniería se debe realizar un óptimo estudio de suelo para no tener ningún inconveniente al momento de ejecutar cualquier infraestructura o diseño de pavimento. El pavimento es un conjunto de capas que se compone de materiales seleccionados y es capaz de transmitir a estratos inferiores de suelo de manera disipada las cargas que son recibidas de manera directa impuestas por los vehículos que circulan por esta. [1]

EL ensayo de Penetración Dinámica de Cono o en Estados Unidos conocido como SCALA PENETROMETER fue desarrollado en Sudáfrica y posteriormente introducido a Australia [2], ha sido utilizada para las pruebas In situ de los pavimentos, tanto en la construcción como en la etapa de servicio, el DCP sirve para poder determinar las capas del pavimento (espesor) como su densidad, dicho ensayo ha venido en práctica en varios países del mundo como Israel, Inglaterra, entre otros debido a su facilidad y la rapidez en la resistencia relativa del suelo con la profundidad. [3] El ensayo de CBR en campo tiene la finalidad de evaluar la calidad de la base, subbase, subrasante de los pavimentos al momento que se aplica pequeñas penetraciones de 0.1'' y 0.2'' para poder alcanzar los esfuerzos requeridos.

Dado a que los ensayos de DCP no requiere de una excavación como el CBR in situ, este ha permitido encontrar correlaciones entre los dos ensayos de igual manera existe correlaciones entre el DCP y el Contenido de Humedad, Peso Unitario Seco [3] y en Ecuador no es la excepción puesto que en la ampliación de la vía Manta-Portoviejo efectuada en el año 2019 se realizó la correlación entre estos dos ensayos el DCP realizado cada 500 metros mientras que el ensayo de CBR en campo se llevó a cabo cada 1000 metros aproximadamente en una vía con una longitud de 35 kilómetros. [4] De igual manera se realizaron ensayos para determinar las propiedades Índice de las muestras recolectadas a diferente profundidad donde se logra determinar el Contenido de Humedad, Límite Plástico y Líquido para lo cual se basó en diferentes

normativas y la Granulometría del suelo encasillándolo a este de acuerdo con la clasificación SUCS y AASHTO.

Para la determinación de la Correlación entre ambos ensayos se llegó a determinar por el método de los mínimos cuadrados comparando la tendencia lineal, exponencial, logarítmica y polinómica de las cuales se obtuvo una tendencia exponencial como resultado.

El siguiente proyecto investigativo tiene como finalidad presentar una correlación entre el ensayo DCP y CBR además de las propiedades índice que a la posterior quedarán como referencia para el diseño de un pavimento flexible.

1.1.2. JUSTIFICACIÓN

El pavimento es un conjunto de capas de materiales comprendidas entre el nivel superior de las terracerías (subrasante) y la capa de rodamiento, cuya función principal es de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, textura y color apropiada, para que pueda tener una resistencia a la acción del tránsito, intemperie y agentes perjudiciales. [1]

En obras de Ingeniería se debe realizar un buen estudio de suelos para que en un futuro ya sea lejano o cercano no se tenga ningún inconveniente con las infraestructuras que se situarán por encima de ella y así poder garantizar la seguridad y la funcionalidad de las estructuras, en este caso los pavimentos.

El método que se utiliza para la evaluación de la calidad relativa del suelo para subrasantes, la subbase y la base de las estructuras de pavimentos, es el CBR, y que presenta dos versiones, tanto para Laboratorio como CBR de Campo. [5] Dicho ensayo de campo se obtiene de la correlación entre el CBR en laboratorio y el DCP.

La relación de soporte de California CBR tiene como función evaluar la calidad relativa de un suelo con base a su resistencia. El módulo resiliente es el factor que se utiliza con el fin de representar las propiedades de los suelos de la subrasante para el diseño de pavimentos flexibles. [6]

Para la realización de ensayos de DCP se debe regir en la norma de la ASTM 6951-03 el cual es realizado en campo y sirve para calcular la penetración dinámica por golpes

en el suelo y así poder representar la resistencia de corte, para que se pueda dar una idea de cómo se encuentra los diferentes estratos de suelo analizados. [7]

Para la obtención de resultados, rápidos, confiables y eficientes se realizará los estudios que han sido adoptadas por el Ministerio de Obras Públicas, es decir, Las Correlaciones entre los ensayos CBR y las Propiedades Índice y Mecánicas para lo cual es necesario contar con características como el tipo de suelo, Los Límites de Atterberg, la Densidad Seca y entre otros aspectos. [8]

La siguiente investigación va a estar enfocada en la realización de toma de varias muestras y el estudio de las propiedades físicas, mecánicas de los suelos además de la determinación de las correlaciones entre la Capacidad Portante del terreno mediante el ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) y las propiedades índice de los suelos granulares pertenecientes a la parroquia Baños de Agua Santa y Lligua para que posteriormente permanezca como referencia para un diseño preliminar de la estructura de pavimentos Flexible. [9]

1.1.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1.3.1. SUELO

Es todo agregado de forma natural de granos minerales y materia orgánica en forma de depósito y que no es cementado, en esta incluye cantidades variable de aire y agua en los espacios vacíos que asoman entre partículas. [10]

a. SUELOS COHESIVOS

Es aquel tipo de suelo donde posee una atracción intermolecular creando una masa de suelo donde se tiene una capacidad cementante. [11]

También se le conoce como Suelo Fino.

b. LIMO

Es un tipo de suelo cohesivo, cuyo diámetro comprende entre los 0.005 y 0.005 milímetros, el limo posee una alta comprensibilidad y poca o nula plasticidad. [11]

c. ARCILLA

Es un tipo de suelo cuyo diámetro es menor a 0.005 milímetros, tiene la capacidad de convertirse en suelo plástico al momento de saturar dicho suelo y de contraerse cuando

el suelo no presenta saturación. La arcilla según la humedad presenta cohesión además de ser suelos compresibles. [11]

d. SUELOS GRANULARES

También llamado Suelos Friccionantes o Suelos No cohesivos.

Tiene la particularidad donde las partículas son grandes y no llegan a juntarse o adherirse. [12]

e. CANGAHUA (Suelo Estéril)

Es aquel tipo de suelo de origen volcánico que al pasar de mucho tiempo llega a endurecerse formando una roca blanda la cual favorece a la construcción. [13]

1.1.3.2. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

En toda la corteza terrestre se encuentran gran variedad de suelos, el cual se le agrupa en varios grupos o subgrupos.

a. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE AASHTO

El sistema de clasificación de suelos de American Association of State Highway and Transportation. Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado especialmente para la Ingeniería Vial (carreteras) [14] y se basa en agrupar los suelos acordes al comportamiento de soporte de las cargas que son aplicadas. Esta clasificación depende de granulometría y de la plasticidad que se encuentren presentes en el suelo, y se clasifica en grupos principales que va desde el A-1 hasta el A-7.

- Para suelos granulares se dividen desde el A-1, A-2, A-3.
- Para suelos finos se dividen desde el grupo A-4, A-5, A-6, A-7.

Tabla 1. Clasificación de grupos de suelos A-1 hasta A-3

CLASIFICACIÓN GENERAL							
Grupo de Clasificación	A-1		A-2			A-3	
Característica del grupo	Mezclas bien graduadas, compuestos de fragmentos de piedras, gravas, arena y material ligante poco plástico. Se incluyen también en este grupo mezclas bien graduadas que no tienen material ligante		Comprende gran variedad del material granular que contiene menos del 35% de material fino			Arenas finas de playa y aquellas con poca cantidad de limo que no tengan plasticidad. Incluye las arenas de río que contienen poca grava y arena gruesa.	
Subgrupos de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-2-4 y A-2-5		A-2-6 y A-2-7		
Características del subgrupo	Comprende materiales formados predominantemente por piedra o grava con o sin material ligante bien graduado	Incluye materiales formados predominantemente por arena gruesa bien graduada con o sin ligante	Suelos cuyo contenido de material fino $\leq 35\%$ y cuya fracción que pasa el tamiz N° 40 tiene las mismas características de los suelos A-4 y A-5 respectivamente. Incluyen suelos gravosos y arenosos (arena gruesa) que tengan un contenido de limo o índices de grupo en exceso a los indicados por el grupo A-1, así mismo incluyen arenas finas con un contenido de limo no plástico en exceso al indicado para el grupo A-3		Los materiales de estos subgrupos son semejantes a los del subgrupo A-2-4 y A-2-5 pero la fracción que pasa el tamiz N°40 tiene las mismas características de los suelos A-6 y A-7 respectivamente		
Análisis de tamices (% que pasa)							
N°10	50 máx.						
N°40	30 máx.	50 máx.					51 mín
N°200	15 máx.	25 máx.	35 máx.		35 máx.		10 máx.
Característica de la fracción que pasa N° 40			A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	
Límite líquido			40 máx.	41 mín	40 máx.	41 mín	
Índice de plasticidad	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín	11 mín	N.P.
Valoración general	Excelente a bueno						

Fuente. Clasificación General AASHTO

Tabla 2. Clasificación general de grupos de suelos de A-4 hasta A-7

CLASIFICACION GENERAL				
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7,A-7-5 y A-7-6
Característica del grupo	Suelos limosos poco o nada plásticos, que tienen un 5% o más del material fino que pasa el tamiz N°200, además se incluyen en este grupo als mezclas de limo con grava y arena hasta en un 6.4%	Los suelos de este grupo son semejantes a los del grupo A-4 pero contienen material micáceo o diatomáceo, son elásticos y tienen límite líquido elevado.	Conformados principalmente por arcilla plástica, por lo menos el 75% de estos suelos debe pasar el tamiz N°200, pero se incluyen también las mezclas arcillo-arenosas cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%. Estos materiales presentan generalmente, grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo	Para los suelos del grupo A-7 se tiene que son semejantes a los suelos del grupo A-9, pero son elásticos, sus límites líquidos son elevados. El grupo A-7-5 incluye aquellos materiales cuyos índices de plasticidad no son muy altos con respecto a sus límites líquidos. El subgrupo A-7-9 comprende los suelos cuyos índices de plasticidad son muy elevados con respecto a sus límites líquidos y que además experimentan variaciones volumétricas altas.
Análisis de tamices (% que pasa)				
N° 200	36 min	36 min	36 min	
Característica de la fracción que pasa N°40				
Límite líquido	40 máx.	41 min	40 máx.	41 min
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 min	11 min
Valoración general	Regular a malo			
Notas	El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 \leq a LI -30			
	El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 \geq LI -30			

Fuente. Clasificación General de la AASHTO

b. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado por Casagrande y es utilizado para trabajos de geotecnia. Su origen data en los años 1940s donde se produjo la Segunda Guerra Mundial y en la actualidad la norma ASTM D2487-93 viene a Estandarizar este sistema de clasificación. La primera letra que le dio a cada tipo de suelo viene dada en la siguiente tabla. [15]

Tabla 3. Clasificación de suelos. Prefijo

SUELO	LETRA
GRAVA	G
ARENA	S
LIMO	M
ARCILLA	C
ORGÁNICO	O
TURBA	Pt

Fuente. GEOTECNIA I, Borselli [16]

La segunda letra que acompaña a la primera viene a dar si el tipo de suelo presenta una alta o baja plasticidad o a su vez si es bien o mal graduado. [15]

Tabla 4. Tabla 4. Clasificación de Suelo. Sufijo

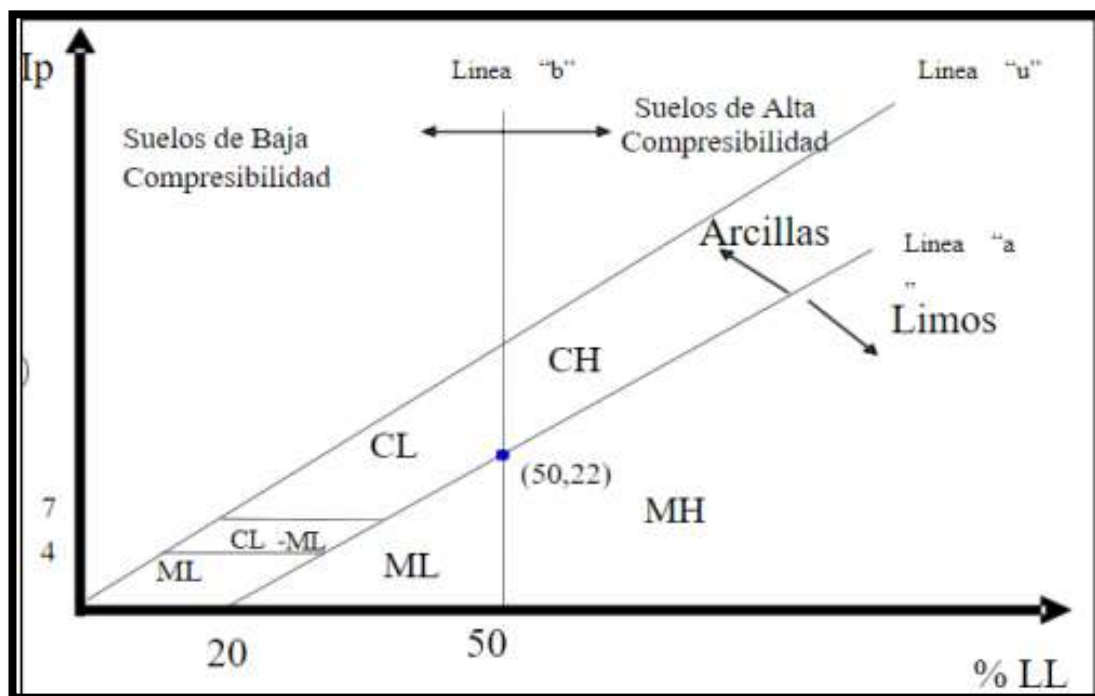
-	LETRA
ALTA PLASTICIDAD	H
BAJA PLASTICIDAD	L
BIEN GRADUADO	W
MAL GRADUADO	P

Fuente. GEOTECNIA I, Borselli [16]

Reglas del SUCS

- a.** Si se retiene más del 50% en la Malla N° 200 (0.075 mm) el suelo es de Fracción Gruesa. (Gravas y Arenas)
 - a.1. Si se retiene más del 50% en la Malla N°4 (4.75mm) el suelo pertenece a la fracción gruesa Grava.
 - a.2. Si pasa el 50% en la Malla N°4 (4.75 mm) el suelo pertenece a la fracción gruesa Arena.
 - a.3 si existe material < al 5% que pasa la malla N° 200 (0.075 mm) acompañará el sufijo W o P, por lo que se debe revisar las condiciones de Cc y Cu.
 - a.4. Si existe material que se encuentre entre el 5% y el 12% que pasa la malla N°200 (0.075 mm), se debe revisar las condiciones Cc y Cu además del Límite líquido e Índice plástico, para determinar los sufijos W, P, M, C.
 - a.5 Si existe material > al 12% hasta el 50% se debe revisar la condición del límite líquido e índice plástico para poder determinar los sufijos M o C.
- b.** Si pasa más del 50% en la Malla N°200 (0.075 mm) el suelo es de Fracción Fina.
 - b.1 Se considera suelos de compresibilidad baja o baja plasticidad cuando el Límite líquido es menor al 50%
 - b.1 Se considera suelos de compresibilidad alta o alta plasticidad cuando el Límite líquido es mayor al 50% [17]

Figura 1. Carta de Plasticidad, SUCS



Fuente. GEOTECNIA I, Borselli [16]

1.1.3.3. PROPIEDADES ÍNDICE

Son aquellas propiedades donde nos indica de una manera práctica y eficaz la naturaleza y el estado del suelo para posteriormente poder elaborar perfiles estratigráficos, clasificar el suelo y parámetros complementarios de la capacidad portante del suelo. [18]

a. CONTENIDO DE HUMEDAD

Es la proporción de agua que se encuentra en un elemento de suelo. Su fórmula es la relación entre el peso del agua que se encuentra frente al peso de los sólidos. Su expresión viene dada de manera adimensional y porcentaje. En algunos casos puede ser mayor al 100% [19]

$$(Ec.1) \quad w = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

b. RELACIÓN DE VACÍOS (e)

Es la relación entre el Volumen de Vacíos (V_v) y el volumen de los sólidos. Se expresa de manera adimensional, en tanto por uno. Cuando la relación de vacíos se acerca a 0

se obtiene un suelo compactado, e puede incluso ser mayor a 1 donde el suelo es poco compacto y el grado de deformación será mayor. [19]

$$(Ec.2) \quad e = \frac{V_v}{V_s}$$

c. POROSIDAD (η)

Es la probabilidad que se encuentre vacíos en el volumen total del suelo. Es un parámetro adimensional que se expresa en porcentaje. La porosidad no puede ser mayor a 100 % [19]

$$(Ec.3) \quad \eta = \frac{V_v}{V_T}$$

d. GRADO DE SATURACIÓN (S)

Probabilidad de encontrar en espacios vacíos del suelo una cantidad de agua, se obtiene un suelo seco cuando el valor de grado de Saturación es igual al 0% mientras que un suelo saturado se obtiene un valor de 100 %. [19]

$$(Ec.4) \quad S = \frac{V_w}{V_v} * 100$$

e. CONTENIDO DE AIRE (C_A)

Es la probabilidad de encontrar en espacios vacíos de suelo, una cantidad de aire. En suelos secos el contenido de Aire tiene un valor de 100% [19]

$$(Ec.5) \quad C_A = \frac{V_A}{V_v} * 100$$

1.1.3.4. GRANULOMETRÍA

Es el proceso para distribuir las partículas de un árido por tamaño. Dicha distribución se la realiza a través de tamices o cedazos. [20] Existe dos clases de ensayo, el primero que se llama “Tamizado” sirve para suelos Granulares mientras que la Sedimentación para suelos cohesivos (Arcilla y limo) [19]

Tabla 5. Tamices para Gravas según la ASTM

Malla	Diámetro (mm)
3"	75
2"	50
1 ½"	38.1
1"	25.0
¾"	19.0
½"	12.50
3/8"	9.50
Nº4	4.75
Platillo	-

Fuente. Mecánica de suelos, Escobar Duques-Escobar Potes.

Tabla 6. Tamices para Arenas según la ASTM

Malla	Diámetro (mm)
Nº4	4.75
Nº10	2.00
Nº20	0.85
Nº40	0.425
Nº50/60	0.30/0.25
Nº100	0.15
Nº200	0.074
Platillo	-

Fuente. Mecánica de suelos, Escobar Duques-Escobar Potes.

a. DIÁMETRO EFECTIVO

Diámetro D_{10} que corresponde al 10 por ciento de la curva granulométrica donde el tamaño de partículas es medida en mm.

b. DIÁMETRO EQUIPARABLE

Diámetro 3 que corresponde al 30 por ciento de la curva granulométrica donde el tamaño de partículas es medida en mm.

c. DIÁMETRO DIMENSIONAL

Diámetro D_{60} que corresponde al 60 por ciento de la curva granulométrica donde el tamaño de partículas es medida en mm.

d. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD C_u

Corresponde la relación entre el Diámetros Dimensional y el Diámetro Efectivo y es utilizada para valorar el estado de uniformidad de las partículas (tamaño)

Cuando el suelo es bien graduado significa que el Coeficiente de uniformidad es grande es decir se obtiene un suelo relativamente resistente. Para que la arena sea bien graduada el C_u debe ser mayor a 6 mientras que para una grava el C_u debe ser mayor a 4. [21]

e. COEFICIENTE DE CURVATURA

Corresponde al coeficiente que permite diferenciar suelos bien graduados de los mal graduados, de igual manera evita que haya una granulometría con vacíos, para lo cual el C_c debe estar entre el 1 y 3 [21]

f. TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO

Corresponde al tamaño superior del tamiz de Tamaño Máximo donde dicho tamiz retiene el 10% de material. [8]

1.1.3.5. LÍMITES DE ATTERBERG

a. LÍMITE LIQUIDO

Se le conoce como límite líquido al contenido de humedad expresado en porcentaje que se encuentra en relación con la muestra seca (peso). Se lo reconoce con las siglas L_L . [9]

Para poder determinar dicho Límite es necesario tomar aproximadamente 100 gr de muestra que haya pasado el tamiz N° 40, colocar dicha muestra en una cápsula de porcelana y agregarle pequeña cantidad de agua para y así mezclarlo con una espátula. Una vez mezclado la muestra se coloca en la copa de Casagrande para formar una torta alisada en esta, dividir la muestra en dos partes con un ranurador, manteniendo firme

al momento de la división. Una vez realizado dicho procedimiento se acciona la copa, para que obtenga dos golpes por segundo hasta que las dos muestras lleguen a unirse. Si las dos muestras tienden a unirse pronto, se debe colocar más muestra seca, mientras si la ranura no se une entre los 6 y 35 golpes, debe añadirse más agua y en ambas ocasiones volver a mezclar.

Al momento de realizar la práctica y obtener los valores se traza una gráfica en donde las abscisas se coloca el número de golpes mientras que en las ordenadas se coloca el Contenido de Humedad en porcentaje, para posteriormente trazar la curva de fluidez.

Para obtener el Límite Líquido se dibuja una línea vertical en el número de golpes (25) hasta que corte la curva de fluidez seguido de una línea horizontal para determinar en qué porcentaje se encuentra el contenido de humedad. [17]

b. LÍMITE PLÁSTICO

Se lo conoce como límite plástico al contenido de humedad que se encuentra entre en el borde entre los estados plástico y semilíquido. Se lo reconoce con las siglas L_P . [9]

c. ÍNDICE PLÁSTICO

Pertenece al rango de humedad en el cual se mantiene el estado plástico del suelo. Para obtener el estado plástico del suelo se realiza la diferencia entre el L_L y el L_P . [9]

PLASTICIDAD

Propiedad de los suelos que permiten deformarse hasta un límite sin llegar a romperse.

L_I y L_P dependen del tipo de arcilla que se encuentran en las mezclas, por lo tanto, el I_p también depende del porcentaje de arcilla que se encuentra en el suelo. Según Atterberg cuando un suelo tenga un IP igual o inferior a cero se trata de un suelo no Plástico (NP)

[17]

1.1.3.6. PROPIEDADES MECÁNICAS

a. DENSIDAD DE CAMPO

Ensayo que se realiza in situ para poder determinar la densidad de suelo compactado, esta práctica permite comparar las densidades secas que se van a obtener en el laboratorio de igual forma las que son adquiridas en campo y así obtener el Grado de compactación.

El grado de compactación posee la siguiente fórmula:

$$(Ec.6) G_C = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d \max}} * 100$$

Cono y Arena:

Consiste en un frasco que puede ser de vidrio o plástico y en su parte superior posee un cono de metal, que se encuentra lleno de Arena de Ottawa, entonces se procede a cavar la tierra para posteriormente colocar el cono de arena por encima del material excavado, para proceder a llenarla con la arena de Ottawa, finalmente se debe pesar el cono con la arena que quedo en el frasco. [22]

b. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Es el proceso por el cual los tipos de suelo llegan a condensarse, para obtener una mayor estabilidad volumétrica y así mejor resistencia En el año 1933 Ralph Proctor da a conocer que en la compactación interviene la energía de compactación con el diferente tipo de suelo, obteniendo un peso volumétrico, este peso varía con la cantidad de agua que se utiliza para llegar a realizar una curva, en donde las abscisa se denomina humedad óptima y en las ordenadas se encuentra la densidad seca máxima.

La energía de compactación se obtiene de la siguiente ecuación.

$$(Ec.7) E = \frac{W * H * N}{V}$$

Donde:

E = Energía de compactación

W =Peso del Pisón

H= Altura de caída de pisón

N= Número de golpes

V= Volumen de suelo compactado [17]

b.1. PROCTOR ESTÁNDAR

Esta prueba es también conocida como AASHTO T-99 y tiene la finalidad de compactar el suelo, para eso se emplea tres capas de muestra dentro de un molde que tiene un diámetro de 4 pulgadas para el molde tipo A, B y 6 pulgadas para el molde tipo C, para después ser condensado por un número de golpes dejando caer un pisón de 24.4 N a una altura de 30.5 cm. [17]

Tabla 7.Especificaciones PROCTOR ESTÁNDAR

PROCTOR ESTÁNDAR			
DESCRIPCIÓN	MÉTODO		
	A	B	C
DIÁMETRO DE MOLDE	4 in	4 in	6 in
PESO DEL PISÓN	24.4 N	24.4 N	24.4 N
ALTURA DE CAÍDA	30.5 cm	30.5 cm	30.5 cm
N.º GOLPES POR CAPA	25	25	56
NÚMERO DE CAPAS	3	3	3
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN	600 KN- m/m ³	600 KN- m/m ³	600 KN- m/m ³
MATERIAL PARA USAR	Muestra que pasa tamiz N.º 4	Muestra que pasa tamiz N.º 3/8"	Muestra que pasa tamiz N.º 3/4"

Fuente. Apuntes de Mecánica de suelos, Gonzalo Duque Escobar [19]

b.2. PROCTOR MODIFICADO

Esta prueba es también conocida como AASHTO T-180 y tiene la finalidad de compactar el suelo, para eso se emplea cinco capas de muestra dentro de un molde que tiene un diámetro de 4 pulgadas para el molde tipo A, B y 6 pulgadas para el molde tipo C, para después ser condensado por un número de golpes dejando caer un pistón de 44.5 N a una altura de 45.7 cm. [17]

Tabla 8. Especificaciones PROCTOR MODIFICADO

PROCTOR MODIFICADO			
DESCRIPCIÓN	MÉTODO		
	A	B	C
DIÁMETRO DE MOLDE	4 in	4 in	6 in
PESO DEL PISTÓN	44.5 N	44.5 N	44.5 N
ALTURA DE CAÍDA	45.7 cm	45.7 cm	45.7 cm
N.º GOLPES POR CAPA	25	25	56
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN	2700 KN- m/m ³	2700 KN- m/m ³	2700 KN- m/m ³
MATERIAL A USAR	Muestra que pasa tamiz N.º 4	Muestra que pasa tamiz N.º 3/8"	Muestra que pasa tamiz N.º 3/4"

Fuente. Apuntes de Mecánica de suelos, Gonzalo Duque Escobar [19]

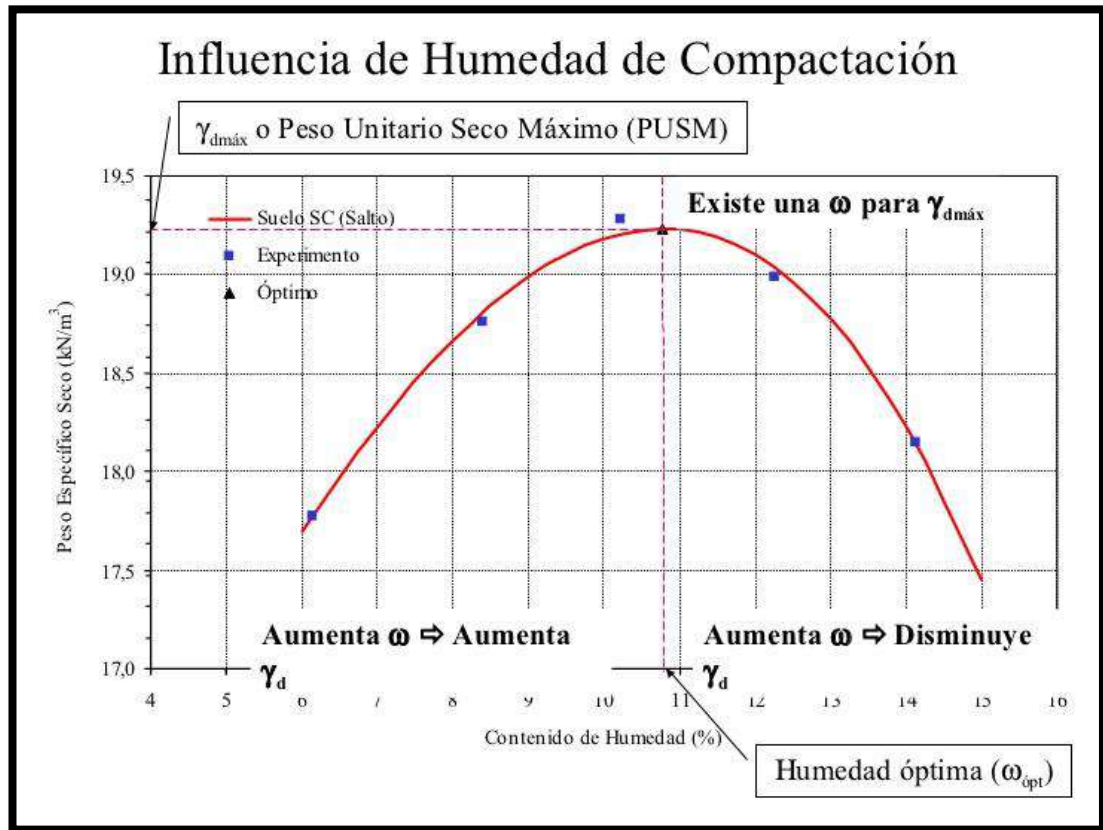
DENSIDAD SECA MÁXIMA

Establece la máxima densidad que puede alcanzar el suelo cuando este se encuentra bien compactada. [10]

HUMEDAD ÓPTIMA

Es la capacidad que posee el suelo para poder con el menor esfuerzo llegar a tener una compactación máxima. [10]

Figura 2. Influencia de Humedad de Compactación



Fuente. Apuntes de Mecánica de suelos, Gonzalo Duque Escobar

RESISTENCIA AL CORTE

Propiedad mecánica del suelo donde se puede determinar el factor de estabilidad presente en taludes. [10]

CONSOLIDACIÓN Y CAPACIDAD DE CARGA

Se la define como aquel estado límite de falla que posee un suelo en una cimentación [10]

PERMEABILIDAD

Es aquella aptitud en la que cualquier fluido atraviesa cualquier material sin que la estructura interna se altere. La permeabilidad de suelos es de vital importancia previo a la construcción de obras civiles. Mientras el suelo sea más grueso la permeabilidad será muy rápida. [13]

c. CBR

NORMA ASTM D-1883

Es aquel ensayo donde se evalúa la calidad de material de suelo con base en su resistencia en la que se mide a través de un ensayo de placa a escala. Propuesto por primera vez a finales de la década de 1920s por los Ingenieros Portes y Stanton, este ensayo mide la resistencia a Corte del suelo bajo las condiciones de densidad y humedad. Se obtiene de la relación entre la carga unitaria necesaria y la carga unitaria patrón, ambos en (lbs/pulg²), para así poder lograr una profundidad de penetración que se halla dentro de la muestra de suelo compactada que se encuentra saturada para lo cual se utiliza el ensayo PROCTOR: Estándar o Modificado.

$$(Ec.8) \text{ CBR} = \frac{\text{Carga Unitaria del Ensayo}}{\text{Carga Unitaria Patrón}} * 100\%$$

El CBR abarca de los siguientes tres ensayos, el primero en determinar la densidad y humedad de la muestra, determinar las propiedades expansivas del material y por último fijar la resistencia a la penetración. [23] El CBR es la resistencia para la penetración que se da a 0.1 y 0.2 pulgadas de penetración que se expresa en un valor porcentual del valor patrón.

Se recomienda usar el CBR que corresponde a 0.2 pulg. Siempre y cuando los valores de 0.1'' y 0.2'' son semejantes

Si el valor de 0.2 pulg. es muy superior al valor de 0.1'' se debe repetir el ensayo de CBR.

Tabla 9. Clasificación de acuerdo con valor de CBR

CBR	CLASIFICACIÓN
0-5	Subrasante muy mala
5-10	Subrasante mala
10-20	Subrasante regular a buena
20-30	Subrasante muy buena
30-50	Sub base buena
50-80	Base buena
80-100	Base muy buena

Fuente. Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Crespo Villalaz [17]

d. DCP

El penetrómetro Dinámico de Cono tiene la capacidad de medir la penetración dinámica a través de los golpes, este ensayo se lo puede realizar en suelo de fundación o en terreno natural. Es un método de campo no destructivo y que es utilizado para identificar los tramos homogéneos además del control de construcción de las diferentes capas que se utilizan en el pavimento. [24]

1.1.3.7. PAVIMENTOS

Es un conjunto de capas que se compone de materiales seleccionados y es capaz de transmitir a estratos inferiores de suelo de manera disipada las cargas que son recibidas de manera directa impuestas por los vehículos que circulan por esta. [1]

a. TIPOS DE PAVIMENTOS:

- Pavimento Rígido: Aquel tipo de pavimento que se lo realiza con hormigón.
- Pavimento Flexible: Aquel tipo de pavimento que se lo realiza con asfalto
- Pavimento Semirrígido: Aquel tipo de pavimento que está formado por adoquines o a su vez empedrado. [1]

a.1. PAVIMENTO FLEXIBLE

Tipo de pavimento que está formado por tres capas, la subbase, base, estas dos primeras son capas no rígidas, y al último es colocada una capa de material bituminoso (capa asfáltica)

El pavimento Flexible está constituido por : capa subrasante, sub-base, base y una carpeta asfáltica.

En la etapa inicial de la construcción de este tipo de pavimento su costo es más económico a diferencia del Pavimento Rígido y tiene una vida útil de 10 a 15 años siempre y cuando se haga el debido mantenimiento. [1]

a.2. PAVIMENTO RÍGIDO

Es aquel tipo de pavimento que se fabrica a base de Cemento Portland (C.C.P), tiene la finalidad de aliviar las tensiones de las capas subyacentes por la alta resistencia a la flexión que esta presenta. A diferencia del pavimento flexible no posee base, por lo cual la capa inferior es la subbase. Por tal motivo los materiales de capacidad de

soporte esta capa puede ser inferiores a los materiales de la capa base del anterior tipo de pavimento. [23]

a.3. PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO

Es aquel tipo de pavimento donde se combina los dos diferentes tipos de pavimentos, Flexible y rígido, de manera general la capa flexible se encuentra encima de la capa rígida, es decir se utiliza una base de C.C.P. o tratada con esta misma junto a una superficie de capa asfáltica. Los suelos que son tratados con aditivos ligantes (C.C.P) puede llegar a obtener un material con capacidad de soporte capaz de resistir cargas pesadas. [23]

1.1.3.8. ESTUDIO DE TRÁFICO

a. TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL

Mas conocido como TPDA, el cual es unidad de medida para poder determinar el tráfico que se encuentra ya sea en una carretera como en avenida. [23]

b. TRÁFICO FUTURO

Aquel tipo de tráfico donde se va a proyectar en un porvenir depende del tráfico actual, el índice de crecimiento a cuál se quiere llegar y el número de años para lo cual la vía va a ser diseñada. Se expresa como la siguiente ecuación. [23]

$$(Ec. 9) T_f = T_a * (1 + i)^n$$

En donde:

- T_f = tráfico Futuro
- T_a = tráfico actual
- i = índice de crecimiento
- n = número de años

c. TRÁFICO ACTUAL

Es aquel tipo de tráfico en donde es la sumatoria del tráfico generado, el tráfico atraído y desarrollado. [23]

1.1.3.9. DISEÑO PAVIMENTO FLEXIBLE

a. Nivel de confiabilidad

Es la probabilidad en la que la estructura de pavimento cumpla dentro de lo que está previsto en su vida útil, bajo el intemperismo y las condiciones de carga que existe donde va a ser ubicada el pavimento durante este tiempo. [23]

Tabla 10. Confiabilidad recomendada por la AASHTO

TIPO DE CAMINO	CONFIABILIDAD RECOMENDADA	
	Zona urbana	Zona rural
Rutas Interdepartamentales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias Principales	80-99	75-99
Colectoras	89-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente. Guía para diseño de estructuras de pavimentos AASHTO 1993

b. Desviación estándar normal Z_r

Grado de seguridad en el estado de la estructura que se encuentra al finalizar la vida útil del pavimento. La desviación estándar normal (Z_r) depende del nivel de Confiabilidad. [23]

Tabla 11. Desviación Estándar Normal Zr

Confiabilidad R (%)	Zr
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327

Fuente. Guía para diseño de estructuras de pavimentos AASHTO 1993

c. Desviación estándar global S_o

Parámetro que se encuentra ligado con el Nivel de Confiabilidad. En el cual debe presentarse un valor significativo para las condiciones locales particulares. La AASHTO recomienda un valor de 0.35 y 0.45 para pavimentos rígidos y flexibles respectivamente [23].

d. Índice de serviciabilidad PSI

Índole de la estructura de Pavimento el cual proporciona a los usuarios un manejo de manera segura y que tenga un confort en un momento determinado. [23]

Tabla 12. Índice de Serviciabilidad

ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD	CALIFICACIÓN
5-4	Muy buena
4-3	Buena
3-2	Regular
2-1	Mala
1-0	Muy mala

Fuente. Guía para diseño de estructuras de Pavimentos de la AASHTO,1993

El índice de servicio inicial y final tiene que ver mucho antes del diseño de la estructura de pavimento, según los estudios de la AASHTO un pavimento nuevo alcanza un índice de serviciabilidad de 4.2 mientras que el índice de serviciabilidad final va a depender de la importancia de la carretera y del criterio que va a tener el técnico que realice los cálculos, pero por recomendación para vías de mayor tránsito tomar un valor superior a 2.5 y para vías de menor tránsito va a ser igual a 2.0. [23]

e. Coeficiente de Drenaje

Este valor depende dos variables, la primera es la capacidad de drenaje mientras que la segunda es el porcentaje de duración el cual la estructura de pavimento se encuentre expuesto a los niveles de humedad, dicho valor porcentual va a corresponder de la precipitación media anual. Una recomendación de la AASHTO se define en la siguiente tabla. [23]

Tabla 13. Coeficiente de Drenaje

CALIDAD DE DRENAJE	TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	Agua no drena

Fuente. Guía para diseño de estructuras de Pavimentos de la AASHTO,1993

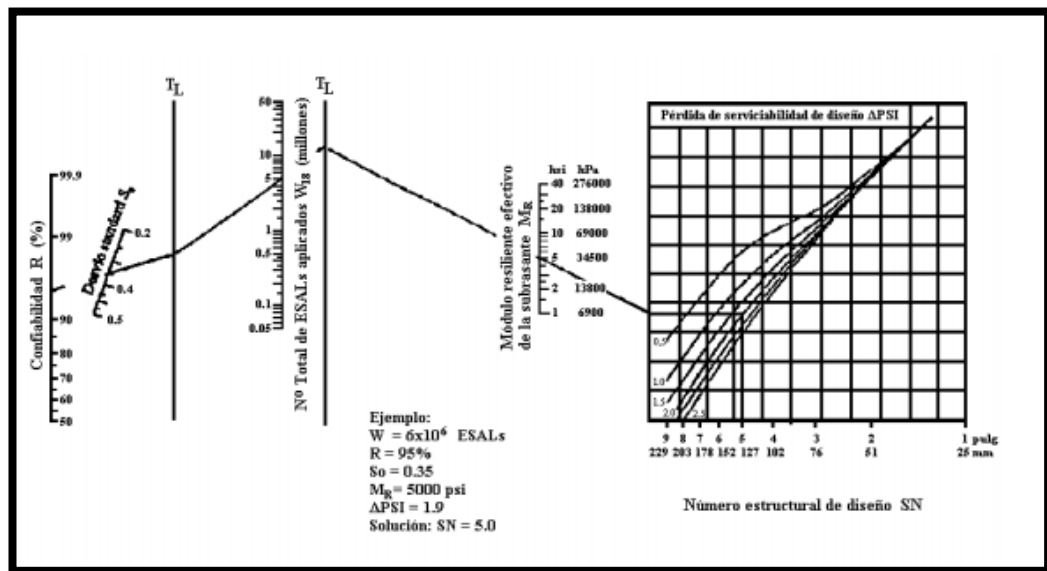
f. Número estructural (SN)

Se define al número de estructural como la resistencia que va a tener la estructura de pavimento, se halla en función de la serie de factores y condiciones de la subbase, base, subrasante, las cargas equivalentes y serviciabilidad, para la obtención de SN disponemos de la siguiente ecuación. [23]

$$\text{Log}W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \text{Log} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \frac{1.094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log} M_R - 8.07$$

(Ec. 10)

Figura 3. Pérdida de serviciabilidad de diseño



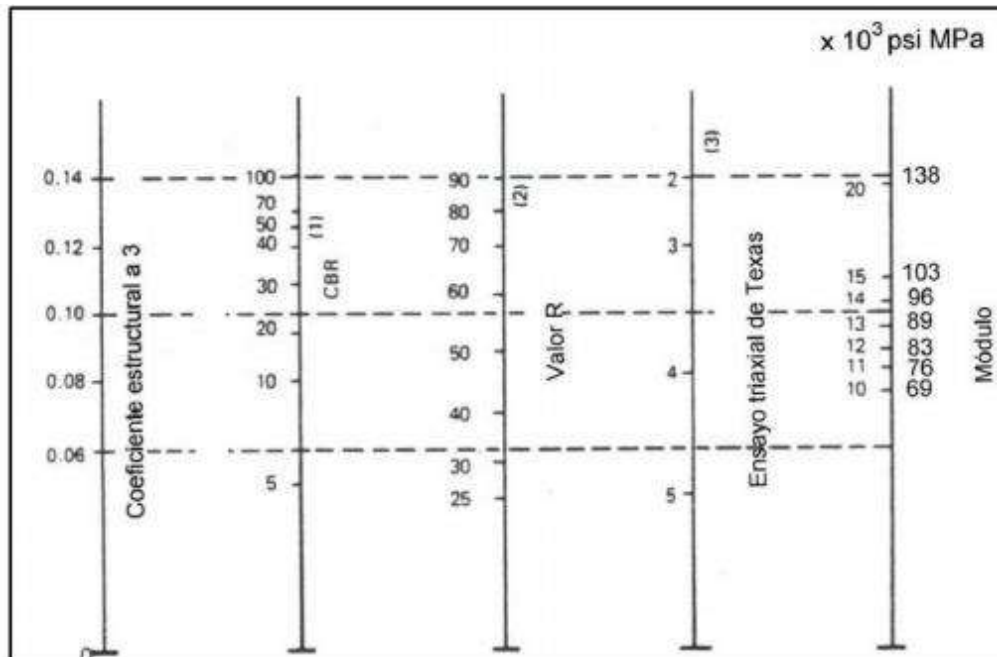
Fuente. Guía para diseño de estructuras de Pavimentos de la AASHTO,1993

g. Coeficiente estructural (a3) Subbase

Capa que forma la estructura de Pavimento, su función es impedir el paso de agua de suelo por capilaridad a la capa superior. Transmite de manera adecuada las cargas a las terracerías.

Para hallar dicho coeficiente es necesario conocer el valor de CBR de la subbase la cual dependerá del tipo de agregados que se van a colocar, el MTOP-001-F-2002 recomienda un valor de 30%. [1]

Figura 4. Ábaco para estimar valor de Coeficiente estructural a3



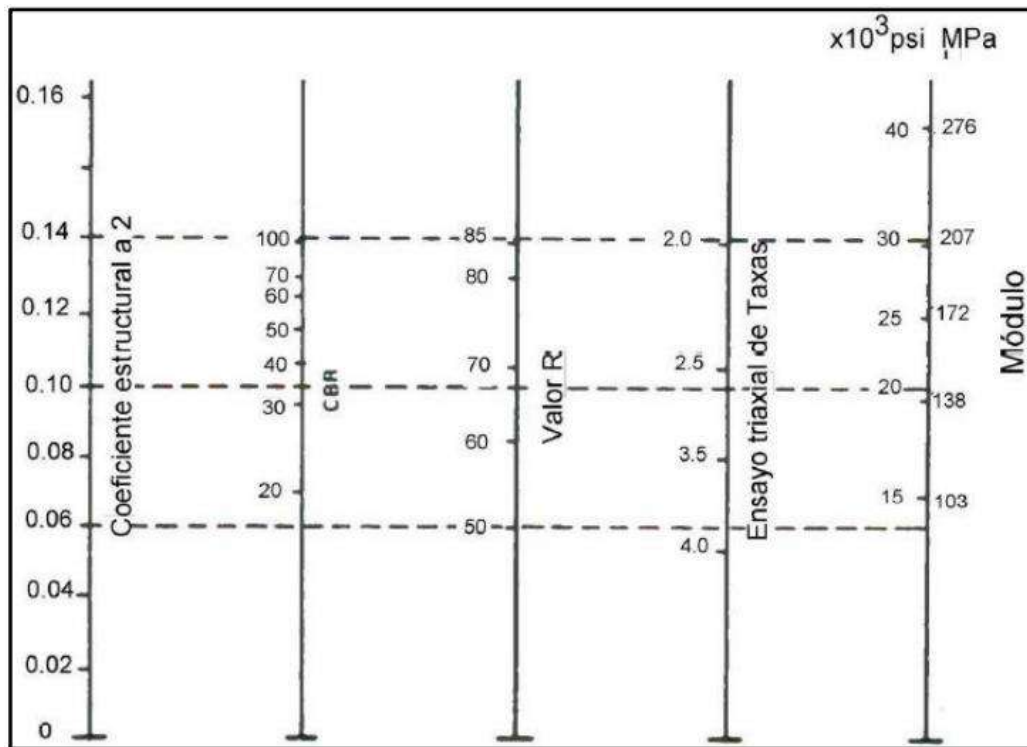
Fuente. Guía para diseño de estructuras de Pavimentos de la AASHTO,1993

h. Coeficiente estructural (a2) Base

Capa de la estructura de pavimento que soporta la mayor parte de las cargas que es producido por los vehículos.

Para hallar el coeficiente estructural de la base debe conocerse el valor de CBR y de la misma manera debe depender de los agregados (calidad), se recomienda un 80% como valor de CBR para bases. [23]

Figura 5. Ábaco para estimar valor de Coeficiente estructural a2

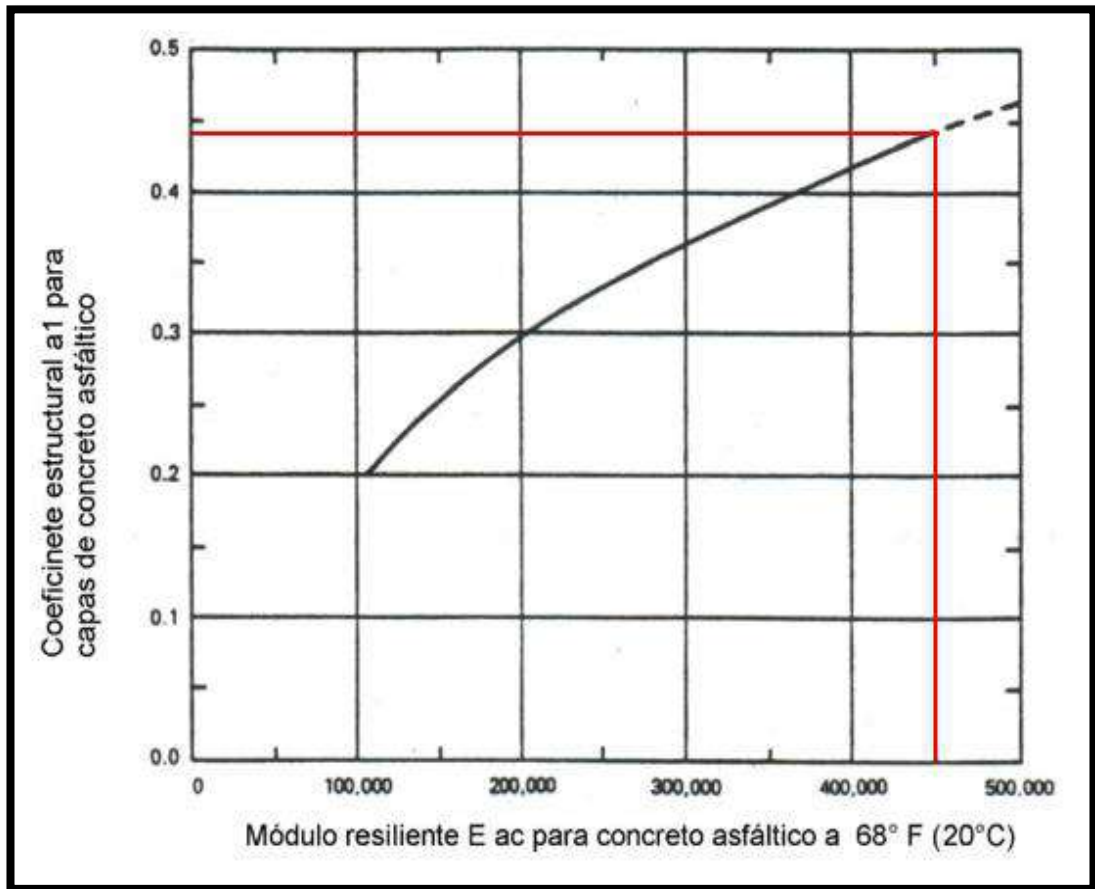


Fuente. Guía para diseño de estructuras de Pavimentos de la AASHTO,1993

i. Coeficiente estructural (a1) Asfalto

Es un material de origen natural que está compuesta por la mezcla de betún con sílice, arena, arcilla, entre otros materiales, utilizada especialmente para la estructura de pavimentos. Para la obtención del coeficiente de la estructura de la capa asfáltica se lo hace a través de la estabilidad de Marshall. [23] Para determinar el valor de a1 se utiliza el ábaco de la figura N.º 6

Figura 6. Ábaco para estimar valor de Coeficiente estructural a1



Fuente. Guía para diseño de estructuras de Pavimentos de la AASHTO,1993

j. Módulo de resiliencia

Parámetro que se obtiene a través de un ensayo Triaxial, donde el esfuerzo de confinamiento es constante y el esfuerzo desviador aplicado de manera cíclica.

Para determinar el Mr se ha determinado ecuaciones de acuerdo con el porcentaje de CBR. [1]

(Ec. 11) Si el $CBR \leq 7.2\%$ $\therefore Mr = 1500 * CBR$

(Ec. 12) Si $7.2 \leq CBR \leq 20\%$ $\therefore Mr = 3000 * CBR^{0.65}$

(Ec. 13) Si el $CBR > 20\%$ $\therefore Mr = 4.326 * \ln(CBR) + 241$

1.1.3.10. REGRESIÓN y CORRELACIÓN

Este análisis tiene la finalidad de emplear métodos para poder determinar una relación de 2 variables o más. Mientras que la correlación determina la relación de la dirección y la fuerza entre dos variables cuantitativas.

Función lineal: $y = a + bx$

Función exponencial: $y = ae^{bx}$

Función Logarítmica $y = a + b * \ln(x)$

FACTOR DE CORRELACIÓN R^2

Es un coeficiente donde tiene la finalidad de poder determinar el modelo (grado) de la regresión de la toma de la muestra, mientras sean menos dispersos los resultados el factor de correlación se acercará a 1. Este valor es adimensional y puede tomar valor desde el cero hasta uno.

- El Factor de correlación es perfecto cuando $R^2 = 1$
- Cuando R^2 se acerca a uno, se considera un ajuste bueno
- Cuando R^2 se aleja a uno, se considera un ajuste malo [25]

1.1.4. HIPÓTESIS

1.1.4.1. HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Se podrá establecer una correlación entre el CBR, DCP y las propiedades índice y mecánicas para los suelos de la parroquia Baños de Agua Santa y Lligua del Cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua, Ecuador

1.1.4.2 HIPÓTESIS NULA

No se podrá establecer una correlación entre el CBR, DCP y las propiedades índice y mecánicas para los suelos de la parroquia Baños de Agua Santa y Lligua del Cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua, Ecuador.

1.2. OBJETIVOS

a. Objetivo General

Estudiar la correlación entre el CBR, CDP, y las Propiedades Índice y Mecánicas en suelo para la aplicación de un Diseño de Estructura de Pavimento Flexible.

b. Objetivos Específicos

- Realizar un muestro representativo de los suelos de las vías dentro de las parroquias de Baños de Agua Santa y Lligua.
- Determinar las propiedades índices y mecánicas de los suelos de la parroquia Baños de Agua Santa y la parroquia Lligua del cantón Baños de Agua Santa.
- Obtener la correlación entre las propiedades física y mecánicas y el ensayo de CBR en Laboratorio para los suelos estudiados.
- Elaborar una zonificación general de los tipos de suelo de las parroquias: Baños de Agua Santa y Lligua.
- Realizar el diseño de un pavimento flexible aplicando los valores obtenidos de las correlaciones

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Investigación

2.1.1. Investigación Exploratoria

El siguiente proyecto investigativo es exploratorio debido a que se desea encontrar las correlaciones entre el CBR, DCP y las propiedades índice y mecánicas de suelos de la parroquia Baños de Agua Santa y Lligua, por el medio de análisis de laboratorio y de campo que se realizará en los suelos de dichas parroquias para posteriormente determinar un diseño óptimo de pavimento.

2.1.2. Investigación Aplicada

El siguiente proyecto investigativo es aplicada debido que se pone en práctica los conocimientos de las materias que se aprendió en la carrera de Ingeniería civil, como es la mecánica de suelos y el diseño de pavimentos.

2.1.3. Investigación Experimental

El siguiente proyecto investigativo es experimental debido a que se va a tomar varias muestras en las parroquias del cantón Baños de Agua Santa para posteriormente obtener resultados de la correlación entre el DCP, CBR y las propiedades índice y mecánicas del suelo.

2.2. Población

2.2.1. Parroquia Baños Agua Santa

La parroquia urbana que tiene el mismo nombre del cantón, la cabecera cantonal se encuentra situada en las faldas del volcán Tungurahua, a 40 kilómetros de la ciudad de Ambato, con una Latitud S 02°, 55' y una Longitud W 79°, 04'. Según el censo que se realizó en 2010, la cabecera cantonal tiene un total de 14653 habitantes, el cual corresponde al 73.20% de la población

2.2.2. Parroquia Lligua

Es la parroquia más pequeña con una población de 280 habitantes (1.80% de la población) según el último censo que fue realizado en 2010, pertenece a las cuatro parroquias rurales del cantón Baños de Agua Santa, se encuentra al lado izquierdo del río Pastaza a tres kilómetros de dicho cantón, con una Latitud S 01°, 23', 44.7" y una

longitud de W 78°,26', 38.5". Su extensión total es de 10.86 km cuadrados, y limita al norte con Patate, al sur con el río Pastaza, al este con la parroquia Matriz del cantón, mientras que al oeste limita con la quebrada el Jordán perteneciente al cantón Patate.

2.3. Muestra

Para el proyecto investigativo se va a tomar 12 muestras que se distribuirán en varios puntos de las vías del cantón Baños, de las cuales ocho se van tomaron de la cabecera cantonal, mientras que dos muestras se tomaron en dos diferentes vías pertenecientes a la parroquia Lligua.

Parroquia Baños de Agua Santa

Tabla 14. Coordenadas pertenecientes a la Parroquia Baños

Nº	VÍA	MUESTRA	COORDENADAS	
1	Baños-Lligua	M1	784228.65 m E	9845941.58 m S
		M2	784161.79 m E	9845512.83 m S
2	Baños-Ulba	M1	789664.01 m E	9845394.47 m S
		M2	790121.44 m E	9845429.24 m S
3	Baños-Runtún	M1	787271.53 m E	9843930.73 m S
		M2	787829.05 m E	9844282.97 m S
4	Baños-Loma Chontilla	M1	786390.19 m E	9846675.81 m S
		M2	786243.92 m E	9846935.43 m S

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 15. Coordenadas pertenecientes a la Parroquia Lligua

Nº	VÍA	MUESTRA	COORDENADAS	
1	Lligua-Ponchoa	M1	784191.53 m E	9844994.40 m S
		M2	783777.50 m E	9844423.99 m S
2	Lligua-Osohuayco	M1	784396.27 m E	9846820.93 m S
		M2	784454.24 m E	9846674.98 m S

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Figura 7. Ubicación Calicatas

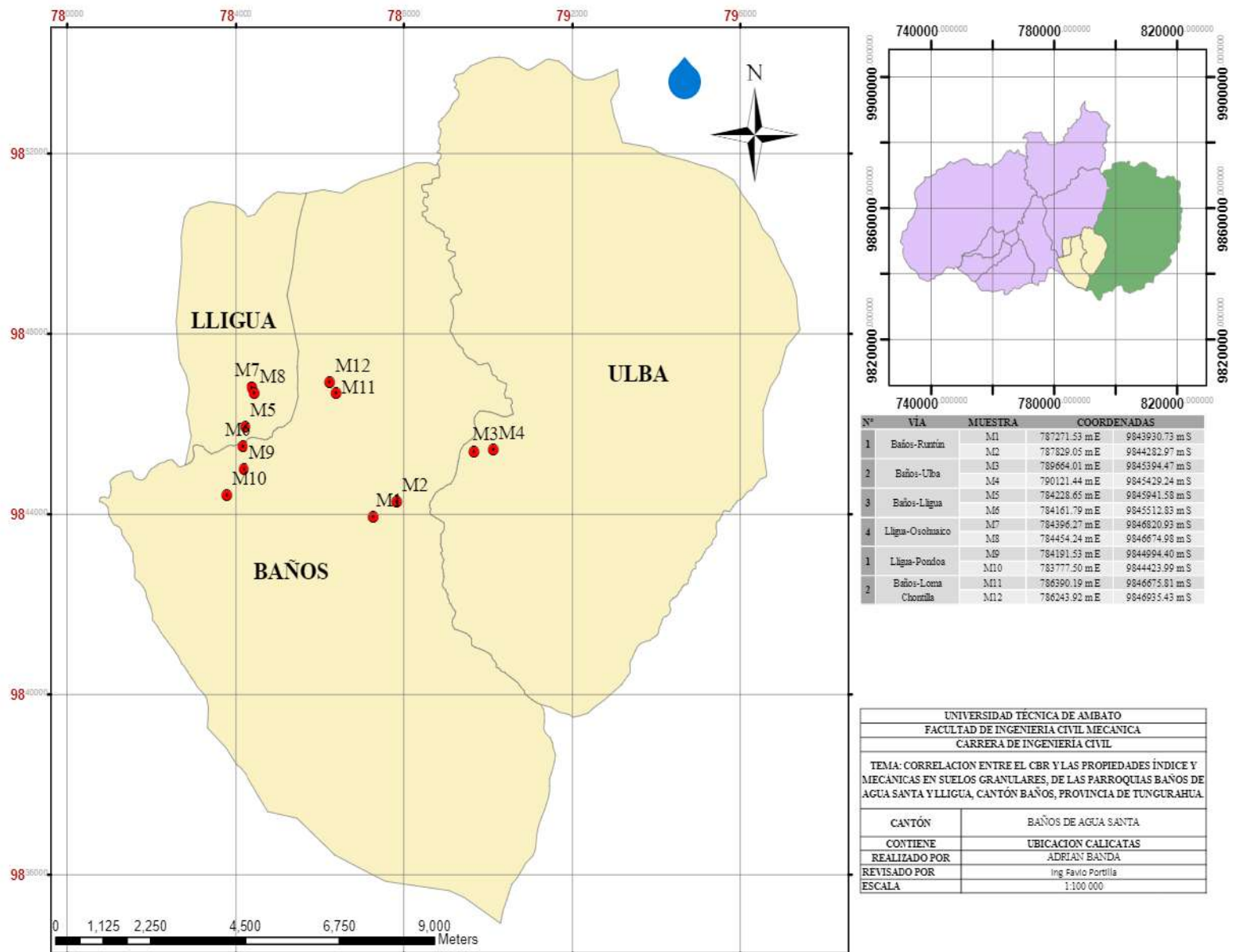
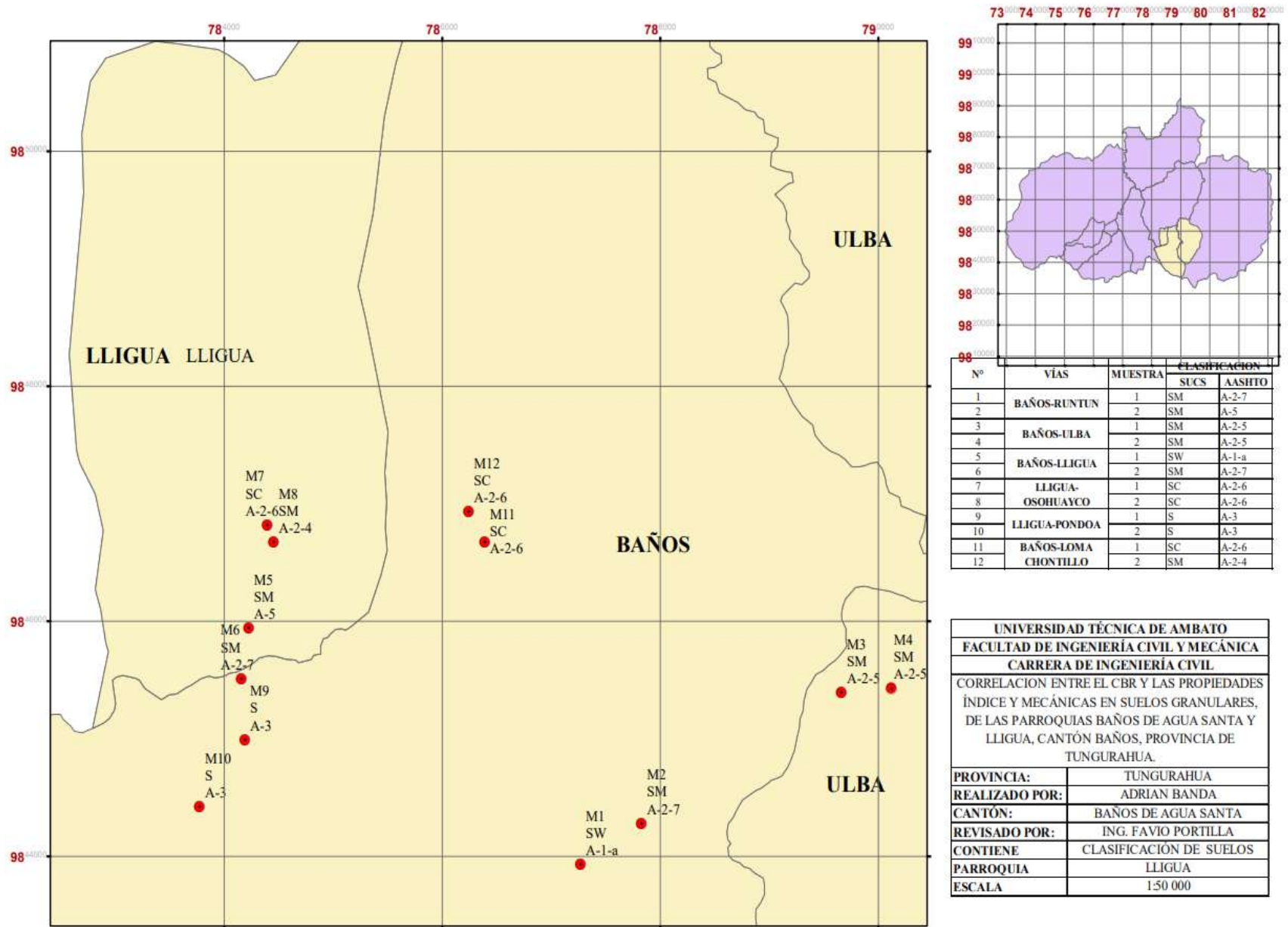


Figura 8. Clasificación Suelos SUCS Y AASHTO



2.4. Materiales y Equipos

Tabla 16. Materiales y Equipos

ENSAYOS	MATERIALES	EQUIPOS	NORMA
POZO A CIELO ABIERTO	Muestra in situ	Pala Pico Barra Flexómetro	AASHTO T87-70
DENSIDAD DE CAMPO (Método del Cono y Arena de Ottawa)	Muestras in situ	Cono Cinzel Cuchareta Placa metálica Balanza Clavos Martillo	AASHTO T 191 2014
CONO DINÁMICO DE PENETRACIÓN	Muestras in situ	Equipo DCP Libreta de anotación	ASTM D 6951-03
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS	Cincuenta gramos de suelo que pasa el tamiz N° 40	Tamiz N°4 Mortero de porcelana Pistilo de caucho picnómetro Embudo Termómetro Recipiente metálico Pipeta Baño María	AASHTO T 100 2015
GRANULOMETRÍA	Muestra curada	Tamizadora Tamices Brocha Recipiente	AASHTO T 88 2013
LÍMITE LÍQUIDO	150 gramos de suelo que pasa el tamiz N° 40°	Copa de Casagrande Espátula Acanalador Recipientes de aluminio	AASHTO T 90 2016
PROCTOR MODIFICADO TIPO D	18 kg de suelo que pasa el tamiz N° 4	Bandeja metálica cuadrada Martillo de Compactación Molde Ø 6 in con extensión Probeta graduada Palustre Regleta Metálica	AASHTO T 180 2018
CALIFORNIA BEARING RATIO	18 kg de suelo que pasa el tamiz N° 4	MULTISPEED 34-V1172	AASHTO T 193 2013

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

2.5. Métodos

2.5.1. Plan de Recolección de datos

Tabla 17. Plan de Recolección de datos

¿Para qué?
Correlacionar las propiedades índices y mecánicas de las parroquias que se encuentran en el cantón Baños de Agua Santa en la provincia de Tungurahua, Ecuador.
¿A quiénes?
Para las parroquias beneficiaras, comunidad educativa y profesionales de la carrera de Ingeniería Civil
¿Sobre qué aspectos?
La obtención de los resultados que se realizan en los ensayos tanto de campo como laboratorio.
¿Quién?
La Persona encargada de la investigación
¿Cuándo?
Ensayos de campo: Realizados desde el 26 de enero hasta el 30 de enero Ensayos de laboratorio: A disposición de las fechas establecidas por el laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato Obtención de resultados: Después de realizar los ensayos de laboratorio
¿Dónde?
En el cantón Baños de Agua Santa donde tiene una parroquia con su mismo nombre y la parroquia Lligua. Laboratorio de la carrera de Ingeniería Civil perteneciente a la Universidad Técnica de Ambato, campus Huachi Chico
¿Técnica de recolección de muestra?
Para las muestras que se van a obtener se realizará en un metro cuadrado por un metro de profundidad. Ensayo DCP (Norma ASTM 6951-03) Ensayo De Cono y Arena (Norma AASHTO T 191) Se debe tomar muestra de 50 kilogramos para posteriormente ser trasladado al laboratorio. Dicha muestra debe pasar el tamiz N° 4 para después dejarlo secar en una bandeja. Granulometría (AASHTO T88 2013) Realizar un tamizado en el cual para poder realizar los siguientes ensayos es necesario que la muestra pase el tamiz N° 40 Límites de Atterberg (Norma AASHTO T 89 2013, AASHTO T 90 2016) Gravedad Específica (Norma AASHTO T 100 2015) Para el contenido de humedad óptima primero se debe realizar el ensayo CBR a través del Proctor Modificado para poder determinar los puntos máximo y mínimo, esto se lo realiza mediante el ensayo AASHTO T 180 2018.

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ensayos realizados en Campo

Ensayo de Coro y Arena de Ottawa

Figura 9. Ensayo de densidad de campo de la vía Lligua-Osohuayco



Figura 10. Ensayo de densidad de campo de la vía Baños-Loma Chontilla



Ensayo de DCP

Figura 11. Ensayo de DCP en campo de la vía Lligua-Osohuayco



2.5.1.1. Ensayos realizados en Laboratorio

Ensayo de Granulometría

Figura 12. Tamices ubicados desde el Número 4 hasta el 200



Figura 13. Tamizaje manual de la muestra Baños-Ulba



Figura 14. Realización de Proctor Modificado



2.5.2. Plan de Procesamiento y Análisis de información

2.5.2.1. Plan de Procesamiento

En base a todos los datos que son recogidos de las distintas muestras que fueron realizadas en campo y a su vez en laboratorio serán procesados en el programa Excel de manera ordenada con el propósito de correlacionar las propiedades índice y mecánicas de tal modo que sea entendible para la persona que lea este proyecto de titulación.

Se utilizarán el mayor coeficiente de correlación, mínimo el 50% para lo cual se llevará a cabo tres variables que tendrán su respectiva gráfica y de igual forma la ecuación.

2.5.2.2. Análisis de información

Una vez obtenido los valores de correlación y los valores de CBR obtenidos en las tablas, se utilizará cuatro diseños de pavimento flexible.

Para finalizar el proyecto se fijará conclusiones y recomendaciones de cada uno de los diseños de pavimento.

CORRELACIÓN DE TRES VARIABLES

MÉTODO LINEAL

Tabla 18. Correlación tres variables. Método Lineal

#	A X	B Y	C Z	XY	YZ	XZ	X ²	Y ²	Z ²
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
Σ									

A= variable dependiente

B= variable dependiente

C= variable independiente

Ecuación por mínimos cuadrados

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

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

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

Para la obtención de las variables a_0, a_1, a_2 se realizará una matriz inversa con el propósito de encontrar la ecuación para que presente mejor la correlación.

$$C = a_0 + a_1 * A + a_2 * B$$

MODELO EXPONENCIAL

Tabla 19. Correlación tres variables. Método Exponencial

	A	B	C							
#	X	Y	Z	Z=Ln(X)	XZ'	YZ'	XY	X^2	Y^2	Z^2
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
Σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

A= variable dependiente

B= variable dependiente

C= variable independiente

Ecuación por mínimos cuadrados

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

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

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

Para la obtención de las variables a_0, a_1, a_2 se realizará una matriz inversa con el propósito de encontrar la ecuación para que presente mejor la correlación.

$$C = a_0 + e^{(a_1 * A)} + e^{(a_2 * B)}$$

MODELO LOGARÍTMICO

Tabla 20. Correlación tres variables. Método Logarítmico

	A	B	C							
#	X	Y	Z	X=Log(X)	XZ	YZ	XY	X^2	Y^2	Z^2
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
Σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

A= variable dependiente

B= variable dependiente

C= variable independiente

Ecuación por mínimos cuadrados

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

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

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

Para la obtención de las variables a_0, a_1, a_2 se realizará una matriz inversa con el propósito de encontrar la ecuación para que presente mejor la correlación.

$$C = a_0 + a_1 * \log(A) + a_2 * B$$

MODELO POTENCIAL

Tabla 21. Correlación tres variables. Método Potencial

#	A X	B Y	C Z	X=Log(X)	Y=Log(y)	Z=Log(z)	XZ	YZ	XY	X^2	Y^2	Z^2
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
Σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

A= variable dependiente

B= variable dependiente

C= variable independiente

Ecuación por mínimos cuadrados

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

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

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

Para la obtención de las variables a_0, a_1, a_2 se realizará una matriz inversa con el propósito de encontrar la ecuación para que presente mejor la correlación.

$$C = a_0 + A^{(a_1)} + B^{(a_2)}$$

CAPÍTULO III

3.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Se determinó las propiedades índice y mecánicas de las 12 muestras de suelo pertenecientes a la parroquia Lligua y Baños de Agua Santa.

Tabla 22. Nomenclatura

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UNIDAD
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL	W nat	%
LÍMITE LÍQUIDO	LI	%
LÍMITE PLÁSTICO	Lp	%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	IP	%
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	Cu	-
COEFICIENTE DE CURVATURA	Cc	-
POROSIDAD	n	%
RELACIÓN DE VACÍOS	e	%
GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA	Gw	%
GRADO DE SATURACIÓN DEL AIRE	Ga	%
DENSIDAD HÚMEDA IN SITU	γ_h in situ	gr/cm ³
DENSIDAD SECA IN SITU	γ_d in situ	gr/cm ³
DENSIDAD SECA MÁXIMA	γ_d máx	gr/cm ³
GRADO DE COMPACTACIÓN	Gc	-
GRAVEDAD ESPECÍFICA	Gs	gr/cm ³
ÍNDICE DE PENETRACIÓN	DN	mm/golpe
CALIFORNIA BEARING RATIO	CBR	%

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Se presenta los resultados obtenidos de todos los ensayos en la siguiente tabla

Tabla 23. Resumen Propiedades del Suelo 1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO													
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA													
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
PROPIEDADES DEL SUELO													
PROYECTO:		CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.											
PROVINCIA:		TUNGURAHUA		CANTÓN:				BAÑOS DE AGUA SANTA					
REALIZADO POR:		ADRIAN BANDA		REVISADO POR:				ING. FAVIO PORTILLA					
N°	VÍAS	MUESTRA	Granulometría					LL	LP	IP	Gs	CLASIFICACIÓN	
			G(%)	S(%)	F(%)	CU	CC					SUCS	AASHTO
1	BAÑOS-RUNTÚN	1	9.02	65.17	34.83	12.5	0.75	46.22	27.75	18.46	2.37	SM	A-2-7
		2	3.77	63.99	36.01	11.11	0.84	51.39	45.11	6.28	2.27	SM	A-5
2	BAÑOS-ULBA	1	9.91	69.83	30.17	17.83	0.58	47.24	46.41	0.82	2.57	SM	A-2-5
		2	13.53	76.07	23.93	17.43	0.52	43.43	41.77	1.67	2.44	SM	A-2-5
3	BAÑOS-LLIGUA	1	34.86	97.92	2.08	15.6	1.03	34.95	30.7	4.25	2.65	SW	A-1-a
		2	34.65	81.5	18.5	250	3.95	46.22	27.75	8.46	2.37	SM	A-2-7
4	LLIGUA-OSOHUAYCO	1	39.38	70.78	29.22	300	0.09	29.7	13.6	16.09	2.68	SC	A-2-6
		2	38.78	76.62	23.38	300	0.59	30.69	11.99	18.7	2.78	SC	A-2-6
5	LLIGUA-PONDOA	1	1.51	80.93	19.07	4.26	1.02	13.42	24.76	0	2.62	SM-NP	A-3
		2	34.73	80.44	19.56	84.62	0.45	46.22	47.15	0	2.11	SM-NP	A-3
6	BAÑOS-LOMA CHONTILLO	1	14.85	66.45	33.55	41.67	60	35.48	23.75	11.72	2.17	SC	A-2-6
		2	12.26	80.12	19.88	33.85	1.58	33.42	31.18	2.24	2.34	SM	A-2-4

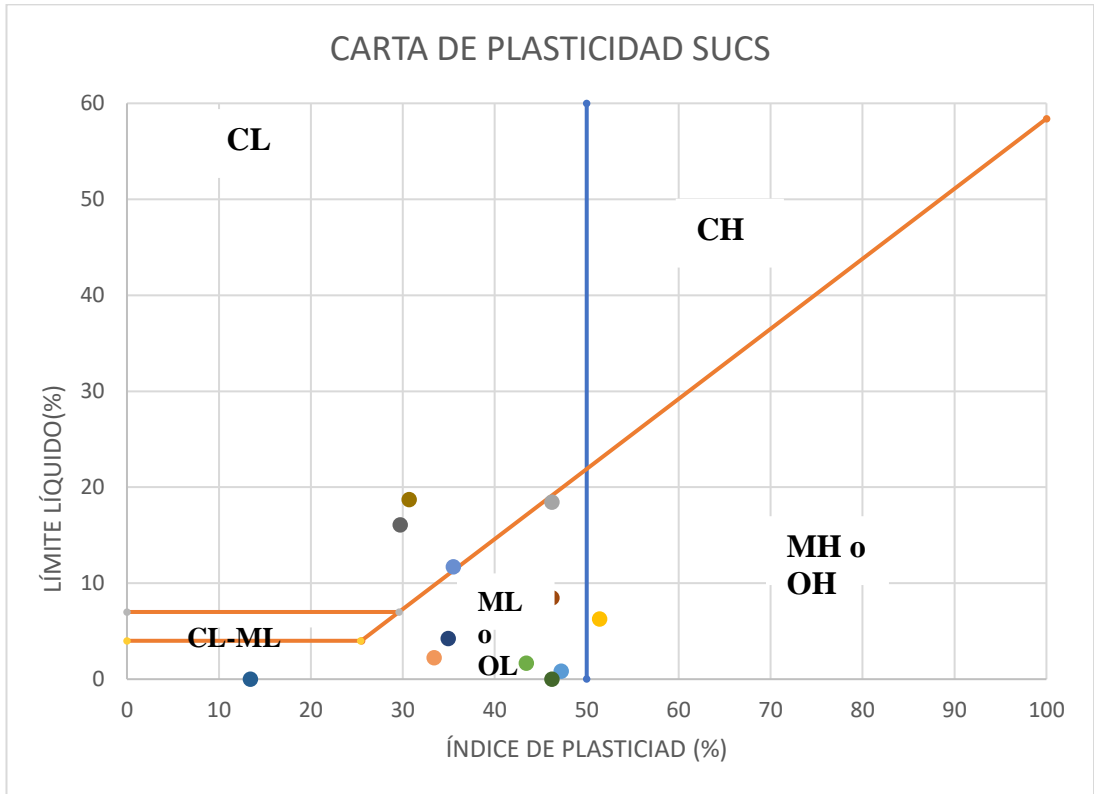
Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 24. Resumen Propiedades del Suelo 2

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA																
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																
PROPIEDADES DEL SUELO																
PROYECTO:		CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.														
PROVINCIA:		TUNGURAHUA	CANTÓN:					BAÑOS DE AGUA SANTA								
REALIZADO POR:		ADRIAN BANDA	REVISADO POR:					ING. FAVIO PORTILLA								
N.º	VÍAS	MUESTRA	DENSIDAD DE CAMPO						COMPACTACIÓN			CBR 90 yd máx			DCP	Wnat
			e(%)	n(%)	Gw(%)	Ga(%)	ym (gr/cm3)	yd (gr/cm3)	yd máx (gr/cm3)	W opt.	Gc	0.1 pulg	0.2 pulg	MAYOR	DN (mm/golpe)	
1	BAÑOS-RUNTÚN	1	1.34	57.31	52.48	47.52	1.43	1.13	1.35	29.10	83.70	5.90	8.30	8.30	22.07	42.17
		2	1.25	55.51	73.03	26.97	1.58	1.17	1.38	26.80	84.60	7.40	11.50	11.50	26.86	34.38
2	BAÑOS-ULBA	1	1.25	55.54	73.56	26.44	1.59	1.18	1.40	29.80	84.50	7.30	9.90	9.90	7.25	34.68
		2	1.01	50.29	63.50	36.50	1.64	1.62	1.56	24.00	84.50	7.80	11.80	11.80	3.94	25.96
3	BAÑOS-LLIGUA	1	0.60	37.33	91.56	8.44	2.00	1.66	1.94	8.90	85.60	13.10	16.90	16.90	2.56	16.22
		2	0.59	37.30	25.94	74.06	1.76	1.66	1.95	6.00	85.40	13.10	16.90	16.90	6.13	5.82
4	LLIGUA-OSOBUAYCO	1	0.52	34.18	30.48	69.21	1.85	1.74	2.05	11.10	85.00	7.80	11.80	11.80	5.97	16.22
		2	0.43	29.98	37.34	62.66	1.97	1.86	2.21	7.20	84.10	3.60	5.80	5.80	5.56	7.73
5	LLIGUA-PONDOA	1	0.83	45.48	20.60	79.40	1.54	1.44	1.70	12.20	85.10	7.40	9.00	9.00	4.49	6.49
		2	0.87	46.66	25.37	74.63	1.53	1.41	1.67	12.50	84.70	11.80	15.00	15.00	8.65	8.37
6	BAÑOS-LOMA CHONTILLO	1	1.08	51.98	35.72	64.28	1.46	1.27	1.56	15.00	81.50	15.20	17.40	17.40	31.67	23.71
		2	0.87	46.63	44.25	55.75	1.62	1.41	1.65	19.00	85.90	12.40	14.60	14.60	22.39	14.59

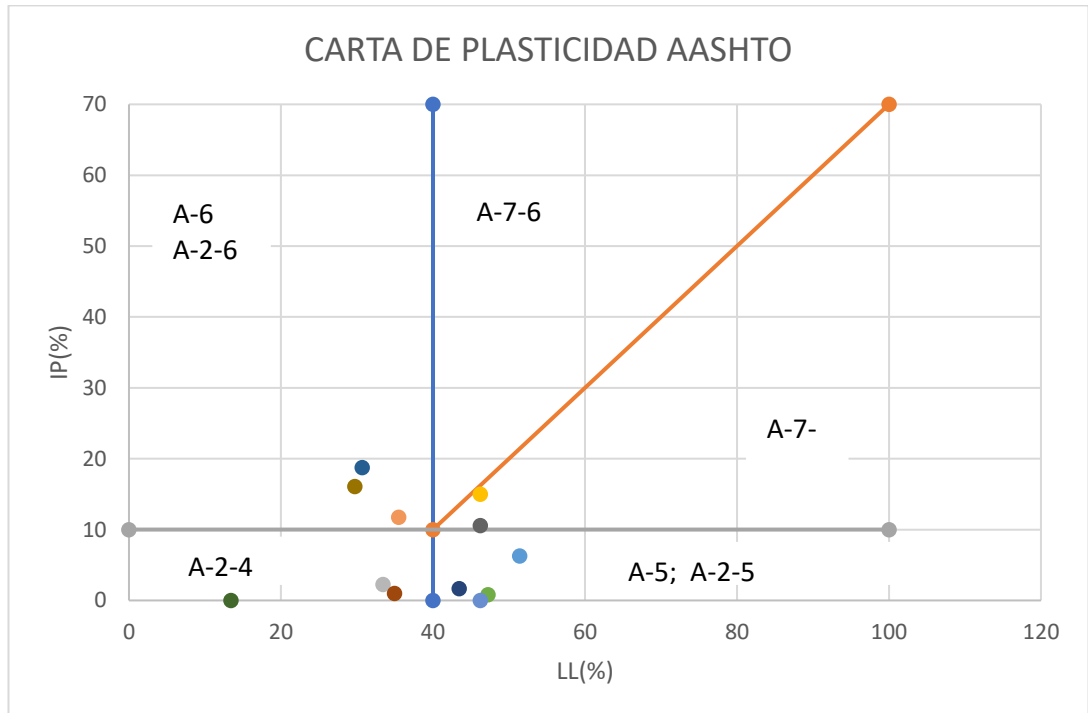
Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Figura 15. CARTA DE PLASTICIDAD DE SUCS



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Figura 16. CARTA DE PLASTICIDAD AASHTO



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 25. Resumen de las correlaciones

N.º	ECUACIÓN	COEFICIENTE (%)	TIPO	# MUESTRAS
1	$LP = -0.069 * LL^2 + 6.9707 * LL - 131.76$	76.14	POLINÓMICA	10
2	$\gamma d \text{ máx} = 96.159 * Wnat^{3.155}$	88.95	POLINÓMICA	10
3	$\gamma d \text{ máx} = 41.42 * Wopt^2 - 172.86 * Wopt + 188$	89.51	POLINÓMICA	12
4	$Ga = 0.555 * Wnat - 4.3229$	67.73	POLINÓMICA	11
5	$\gamma d \text{ máx} = -1.0838 * e\% + 2.7294$	96.88	POLINÓMICA	12
6	$W \text{ ópt} (\%) = -0.3327 + 0.5561 W \text{ nat} + 0.1994 * LP$	88.23	LINEAL	12
7	$\gamma d \text{ máx} = 2.3712 * e^{(-0.0083W \text{ nat})} * e^{(-0.0058LP)}$	80.74	EXPONENCIAL	12
8	$\gamma d \text{ máx} = 3.6377 + -1.0691 \text{ Log} (LP) + -0.0158F$	84	LOGARÍTMICO	12
9	$\gamma \text{ Seca In situ} = -0.2172 + 0.9665 \gamma d \text{ máx} + 0.0142 W \text{ ópt}$	80.93	LINEAL	12
10	$\gamma \text{ Seca In situ} = 0.6958 + 3.5172 \text{ Log} (\gamma d \text{ máx}) + 0.0089W \text{ nat}$	81.6	LOGARÍTMICO	12
11	$\gamma \text{ Seca In situ} = 2.1488 + -0.2942 \text{ Log} (DN) + -0.0077W \text{ nat}$	79.63	LOGARÍTMICO	10
12	$W \text{ ópt} = 3.6388 + 1.0875 \text{ Log} (DN) + 0.6159W \text{ nat}$	81.87	LOGARÍTMICO	12
13	$\gamma d \text{ máx} = 2.2631 * e^{(-0.0034DN)} * e^{(-0.0152W \text{ ópt})}$	86.48	EXPONENCIAL	12
14	$DN = 11.6369 * e^{(-0.8499\gamma d \text{ máx})} * e^{(0.0486F)}$	54.66	EXPONENCIAL	10
15	$DN = 36.3405 * \gamma d \text{ máx}^{-4.0508} * \text{ÍP}^{0.4325}$	59.62	EXPONENCIAL	10
16	$CBR \text{ Mayor} = 2.6244 + 10.9099 \text{ Log} (LL) - 0.365W \text{ ópt} (\%)$	74.89	LOGARÍTMICO	10
17	$CBR \text{ Mayor} = 26.8785 - 4.2834 \gamma \text{ Seca In situ} - 0.3523 W \text{ ópt} (\%)$	71.21	LINEAL	10
18	$CBR \text{ Mayor} = 52.0606 - 15.5273 GS - 0.1505 W \text{ ópt} (\%)$	73.2	LINEAL	10
19	$CBR \text{ Mayor} = 17.4666 * e^{(-0.0274W \text{ ópt} (\%))} * e^{(0.0062LP)}$	73.72	EXPONENCIAL	10

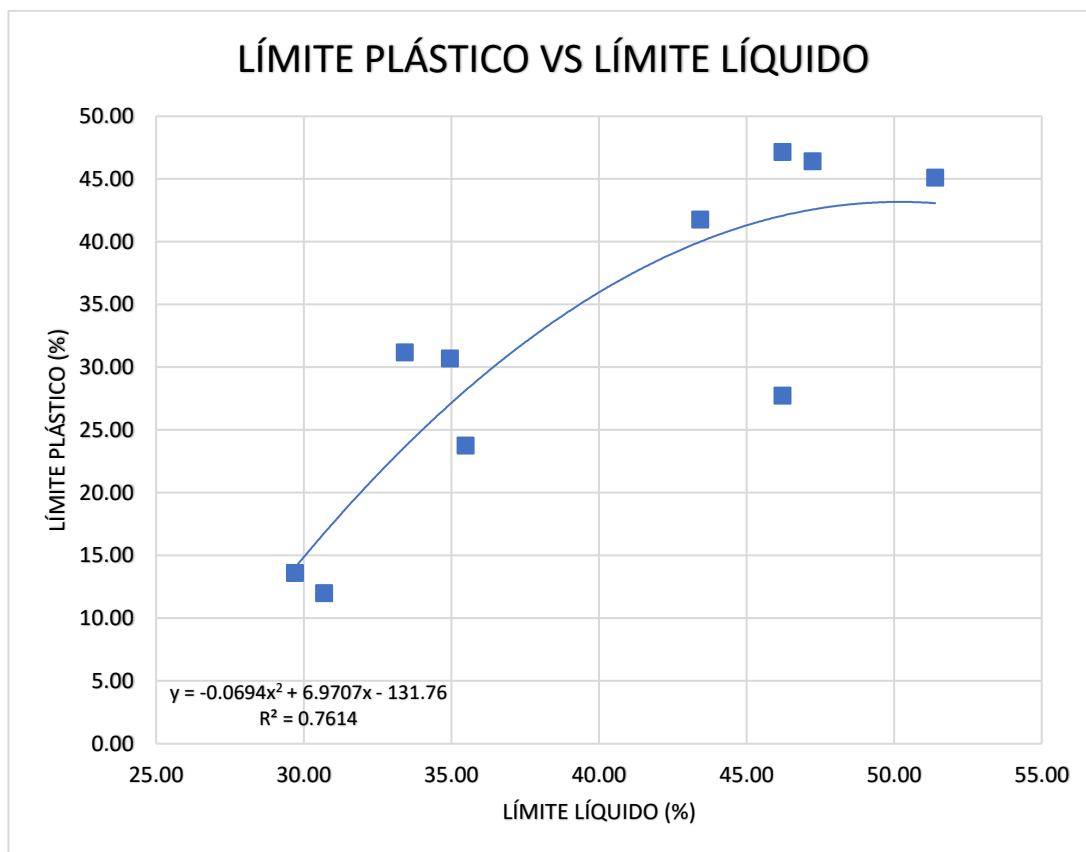
20	CBR Mayor = 2434672.6*e^(-4.8971γd máx)*e^(-4.482e)	55.79	EXPONENCIAL	10
21	CBR Mayor = 9.5559 + 26.8598 Log (γ Seca In situ)+-0.1562W ópt	54.14	LOGARÍTMICO	10
22	CBR Mayor = 0.5437*Wnat² - 17.294Wnat + 151.38	73.07	POLINÓMICA	10

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

CORRELACIÓN N°1

LÍMITE PLÁSTICO VS LÍMITE LÍQUIDO

Figura 17. CORRELACIÓN N°1 LÍMITE PLÁSTICO VS LÍMITE LÍQUIDO



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación: $LP = -0.069 * LL^2 + 6.9707 * LL - 131.76$

Coefficiente (R2): 76.14%

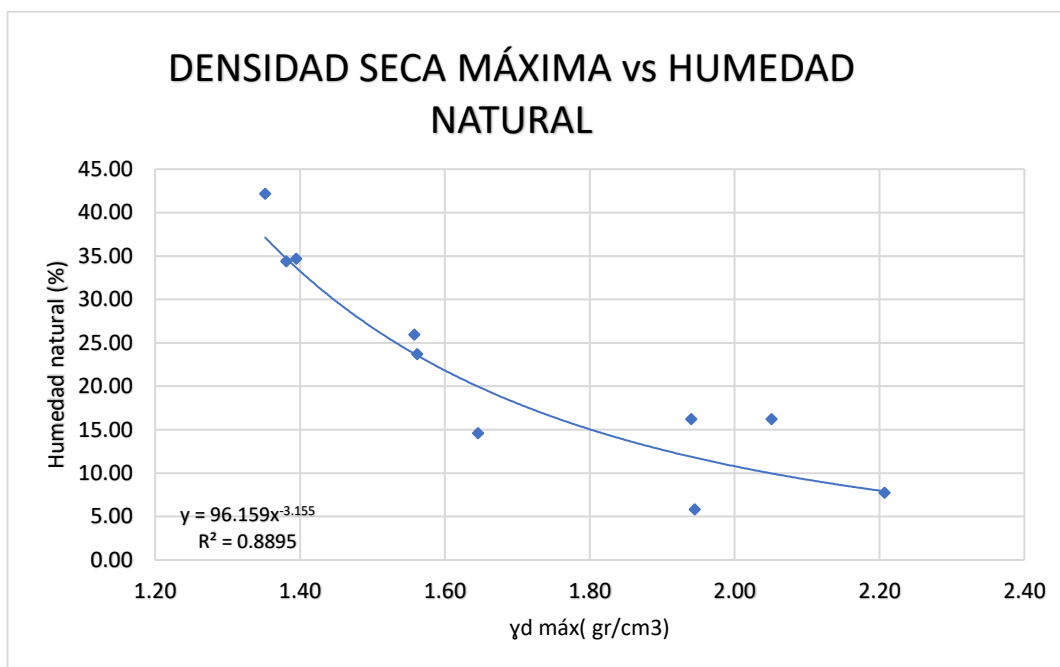
Tendencia: Polinómica

En el diagrama se puede observar una correlación entre el Límite Líquido vs. el Límite plástico dentro de 10 muestras realizadas dando como resultado un 74.14% como coeficiente de determinación y una línea de tendencia polinómica de segundo grado. De dicha correlación se llega a deducir que ambas propiedades son directamente proporcionales, es decir que a medida que se incrementa el líquido en los suelos este tiende a aumentar su plasticidad.

CORRELACIÓN N°2

DENSIDAD SECA MÁXIMA VS HUMEDAD NATURAL

Figura 18. CORRELACIÓN N°2 DENSIDAD SECA MÁXIMA VS HUMEDAD NATURAL



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación: $\gamma_d \text{ máx} = 96.159 * W_{nat}^{3.155}$

Coefficiente (R2): 88.95%

Tendencia: Polinómica

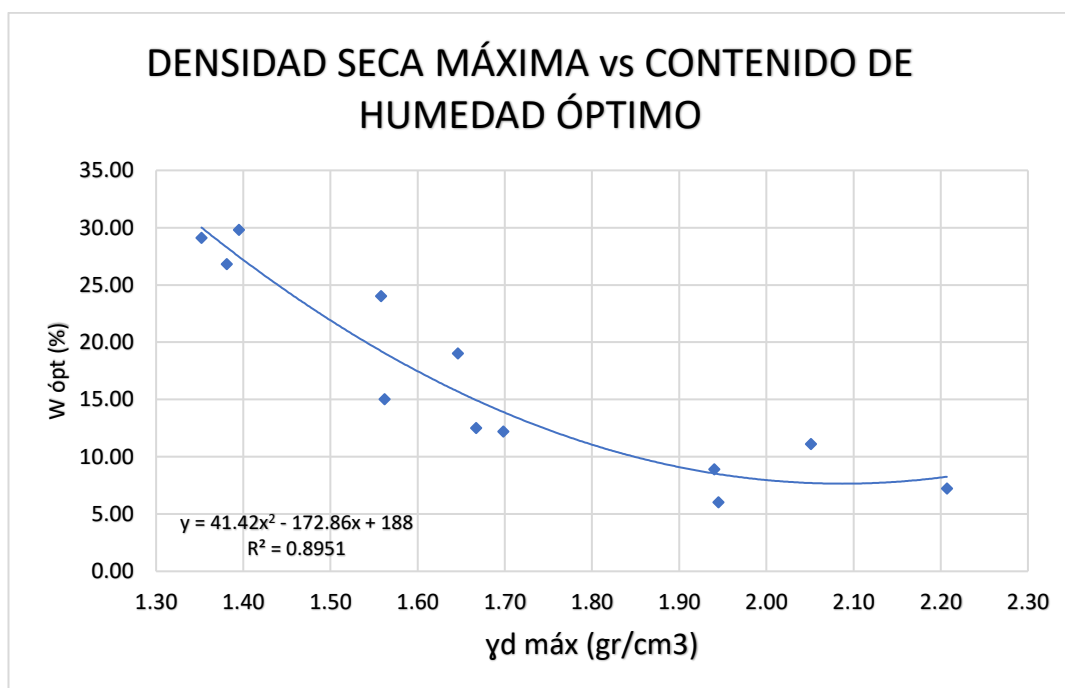
En el diagrama se puede observar una correlación entre la densidad seca máxima y la humedad natural del suelo en 10 muestras realizadas dando como resultado un 74.14% como coeficiente de determinación y una línea de tendencia polinómica de segundo grado.

De dicha correlación se llega a deducir que ambas propiedades son inversamente proporcionales, es decir que a medida que se incrementa humedad natural, la densidad seca máxima del suelo tiende a disminuir.

CORRELACIÓN N°3

DENSIDAD SECA MÁXIMA vs CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO

Figura 19. CORRELACIÓN N°3 DENSIDAD SECA MÁXIMA vs CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación: $\gamma_d \text{ máx} = 41.42 * W_{opt}^2 - 172.86 * W_{opt} + 188$

Coefficiente (R²): 89.51%

Tendencia: Polinómica

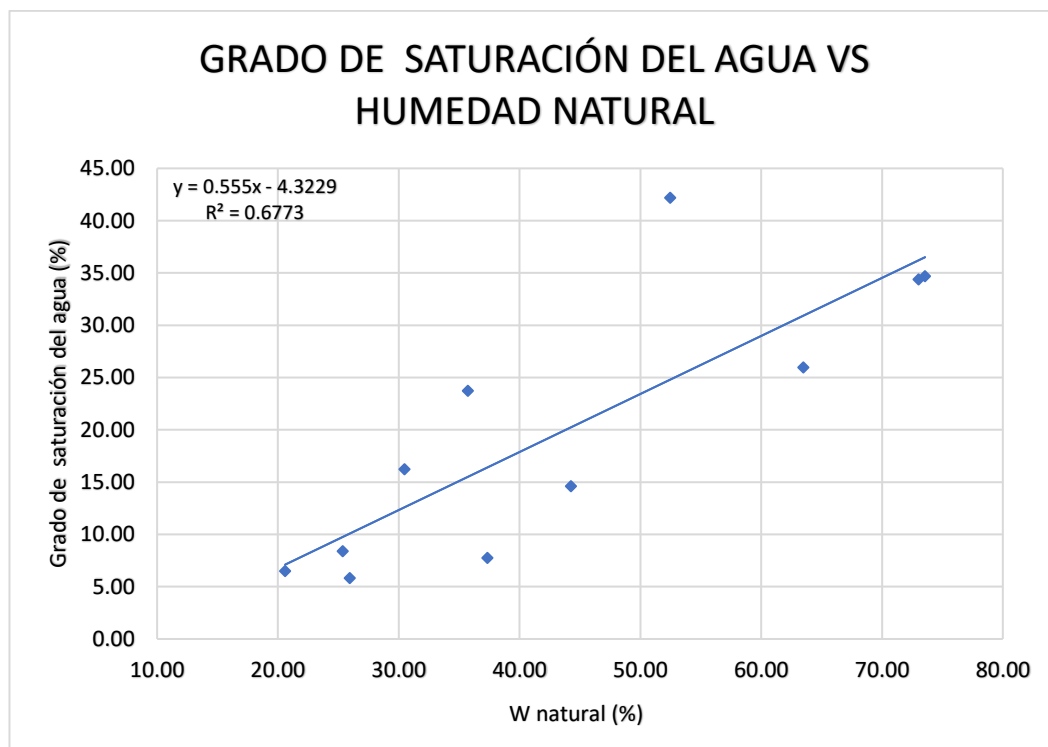
En el diagrama se puede observar una correlación entre la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo del suelo realizadas en 12 muestras se obtiene como resultado un 89.15% como coeficiente de determinación y una línea de tendencia polinómica de segundo grado.

De dicha correlación se llega a deducir que ambas propiedades son inversamente proporcionales, es decir que a medida que se incrementa la densidad seca máxima del suelo, tiende a disminuir el contenido de humedad óptimo.

CORRELACIÓN N°4

GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA VS HUMEDAD NATURAL

Figura 20. CORRELACIÓN N°4 GRADO DE SATURACIÓN DEL AGUA VS HUMEDAD NATURAL



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación $G_a = 0.555 * W_{nat} - 4.3229$

Coefficiente (R²): 67.73%

Tendencia: Lineal

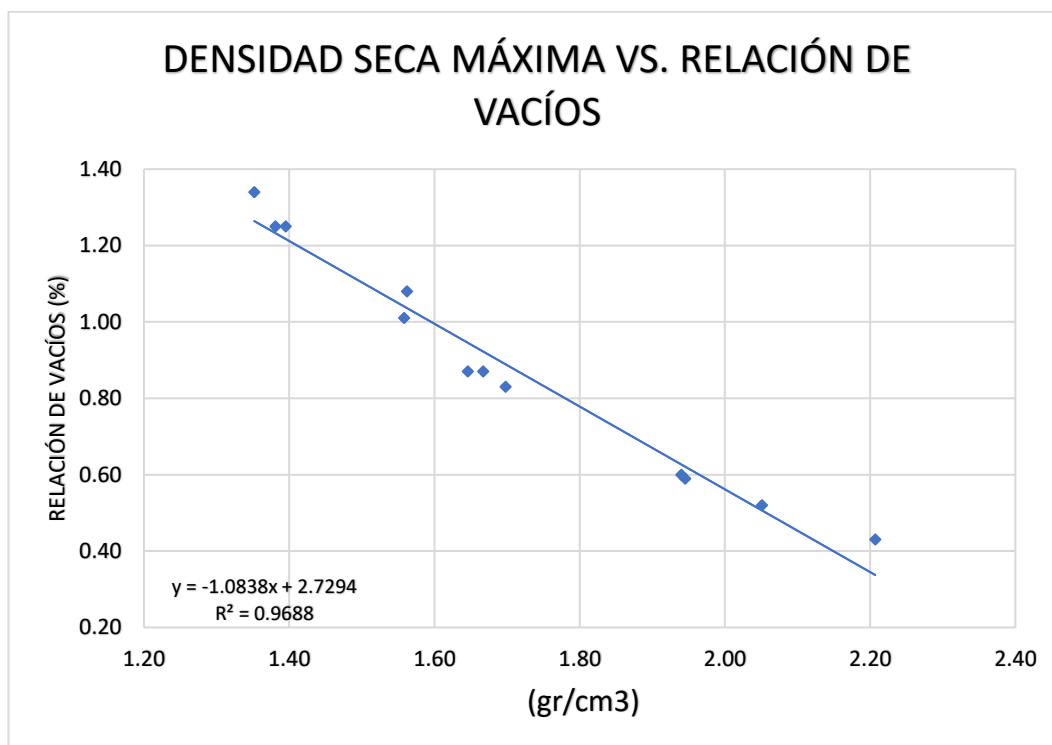
En el diagrama se puede observar una correlación entre el Grado de Saturación del agua y la Humedad natural del suelo realizadas en 11 muestras se obtiene como resultado un 67.73% como coeficiente de determinación aceptable y una tendencia lineal.

De dicha correlación se llega a deducir que ambas propiedades son directamente proporcionales, es decir que a medida que se incrementa la humedad natural del suelo, tiende a aumentar su Grado de Saturación.

CORRELACIÓN Nª 5

DENSIDAD SECA MÁXIMA VS. RELACIÓN DE VACÍOS

Figura 21. CORRELACIÓN Nª 5 DENSIDAD SECA MÁXIMA VS. RELACIÓN DE VACÍOS



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación $y_d \text{ máx} = -1.0838 * e\% + 2.7294$

Coficiente (R2): 96.88%

Tendencia: Lineal

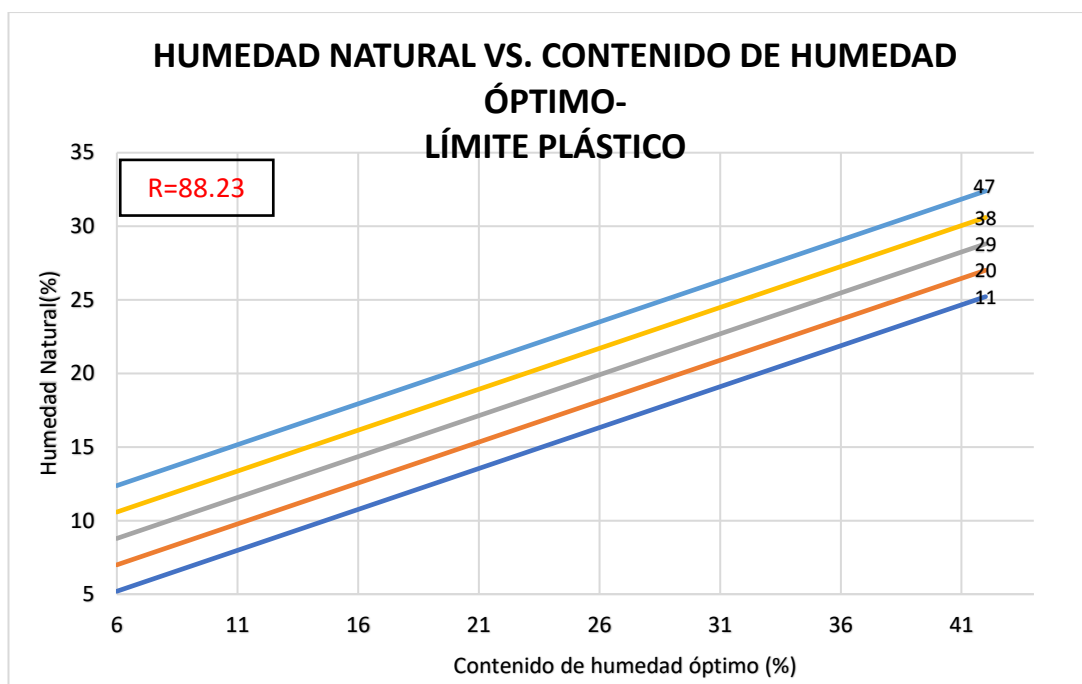
En el diagrama se puede observar una correlación entre la Densidad seca Máxima y la relación de vacíos del suelo realizadas en 12 muestras dando como resultado un 96.88% como coeficiente de determinación y una tendencia lineal.

De dicha correlación se llega a deducir que ambas propiedades son inversamente proporcionales entre sí, es decir que a medida que se incrementa la densidad seca máxima, la relación de vacíos disminuye.

CORRELACIÓN Nª 6

HUMEDAD NATURAL VS. CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO- LÍMITE PLÁSTICO

Figura 22. CORRELACIÓN Nª 6 HUMEDAD NATURAL VS. CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO- LÍMITE PLÁSTICO



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación:

$$W \text{ ópt} (\%) = -0.3327 + 0.5561 W \text{ nat}(\%) + 0.1994 LP\%$$

Número de muestras: 12

Coefficiente (R²): 88.23%

Tendencia: Lineal

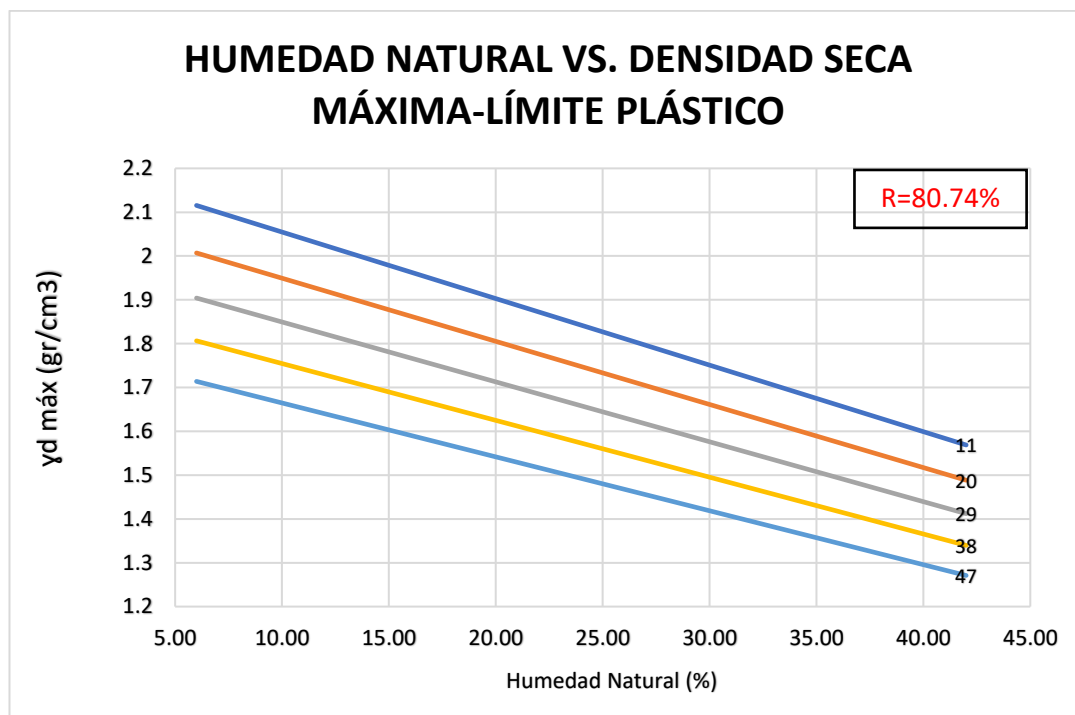
En el diagrama se puede observar una correlación múltiple de tres variables entre la Humedad natural vs. Límite Plástico - Contenido de humedad óptimo realizadas a 12 muestras dando como resultado un 88.23% como coeficiente de determinación que se obtuvo de la regresión tipo lineal.

De dicha correlación se llega a deducir que la propiedad del contenido de humedad óptimo y la humedad natural tienden a aumentar, es decir, son directamente proporcionales entre sí. Mientras aumente ($W \text{ ópt. } \%$, $W \text{ nat } \%$) incrementará el Límite plástico.

CORRELACIÓN N°7

HUMEDAD NATURAL VS. DENSIDAD SECA MÁXIMA-LÍMITE PLÁSTICO

Figura 23. CORRELACIÓN N° 7 HUMEDAD NATURAL VS. DENSIDAD SECA MÁXIMA-LÍMITE PLÁSTICO



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación:

$$\gamma_d \text{ máx (g/cm}^3\text{)} = 2.3712 * e^{(-0.0083W \text{ nat } (\%))} * e^{(-0.0058LP\%)}$$

Número de muestras: 12

Coefficiente (R²): 80.74%

Tendencia: Exponencial

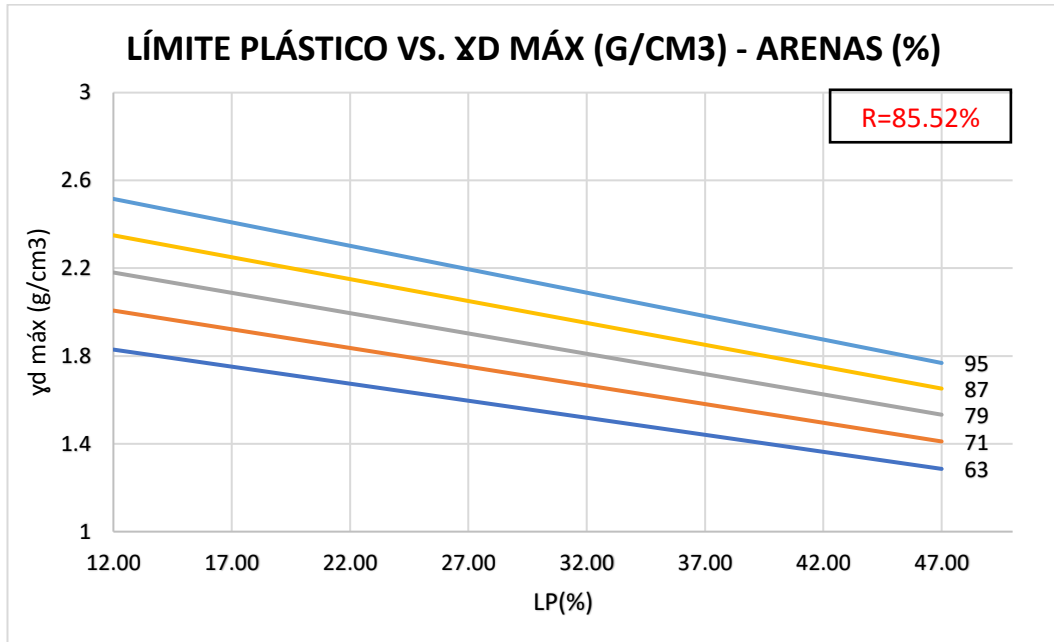
En el diagrama se puede observar una correlación múltiple de tres variables entre la Humedad natural vs. Límite Plástico – Densidad seca máxima realizadas a 12 muestras dando como resultado un 80.74% como coeficiente de determinación que se obtuvo de la regresión tipo exponencial.

De dicha correlación se llega a deducir que la propiedad del contenido de humedad natural aumentará, la densidad seca máxima disminuirá, es decir, son inversamente proporcionales entre sí. Mientras aumente (W nat %, LP %) disminuirá la densidad.

CORRELACIÓN N° 8

LÍMITE PLÁSTICO VS. γ_d MÁX (g/cm³) - ARENAS (%)

Figura 24. CORRELACIÓN N° 8 LÍMITE PLÁSTICO VS. γ_d MÁX (gr/cm³) - ARENAS (%)



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación:

$$\gamma_d \text{ máx (g/cm}^3\text{)} = 0.1397 * \text{Límite Plástico LP\%}^{-0.2582} * S \text{ (\%)}^{0.7757}$$

Número de muestras: 12

Coficiente (R²): 85.52%

Tendencia: Potencial

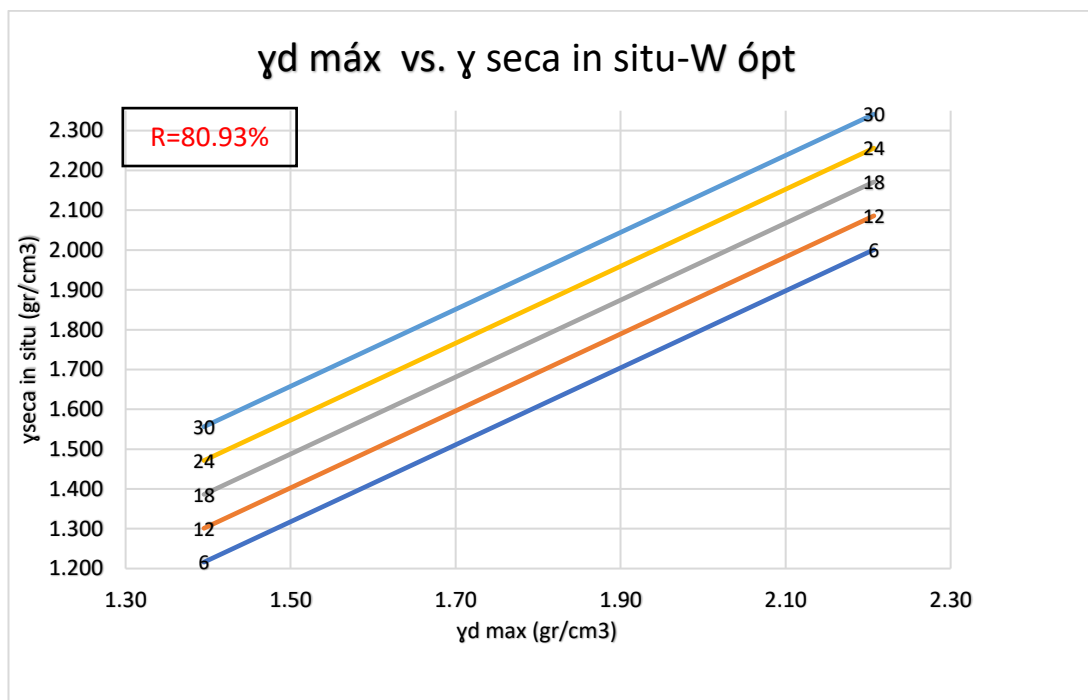
En el diagrama se puede observar una correlación múltiple de tres variables entre EL Límite plástico vs. Densidad seca máxima – Arenas (%) realizadas a 12 muestras dando como resultado un 85.52% como coeficiente de determinación que se obtuvo de la regresión tipo potencial.

De dicha correlación se llega a deducir que la propiedad del contenido de humedad natural aumentará, la densidad seca máxima disminuirá, es decir, son inversamente proporcionales entre sí. Mientras aumente (S %, LP %) disminuirá la densidad seca máxima.

CORRELACIÓN N^o 9

DENSIDAD SECA IN SITU VS DENSIDAD SECA MÁXIMA- CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO

Figura 25. CORRELACIÓN N^o 9 DENSIDAD SECA IN SITU VS DENSIDAD SECA MÁXIMA- CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación:

$$\gamma \text{ Seca In situ (g/cm}^3\text{)} = -0.2172 + 0.9665 \gamma d \text{ máx (g/cm}^3\text{)} + 0.0142 W \text{ ópt (\%)}$$

Número de muestras: 12

Coefficiente (R²): 80.93%

Tendencia: Lineal

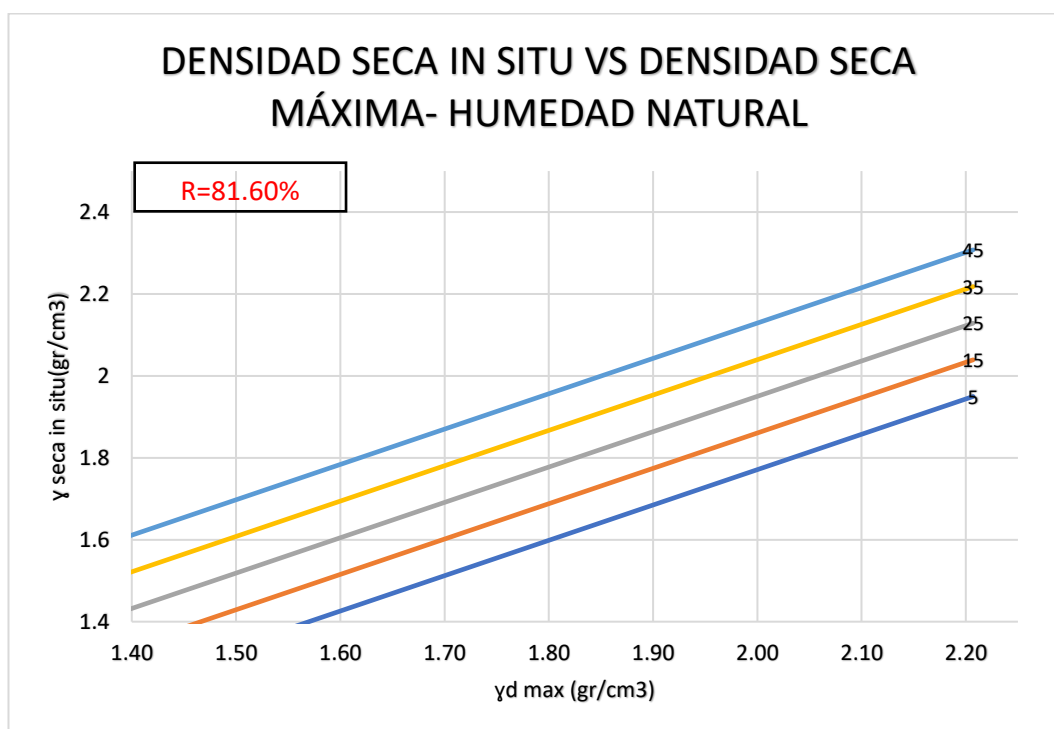
En el diagrama se puede observar una correlación múltiple de tres variables entre la Densidad Seca in situ vs Densidad Seca Máxima- Contenido de Humedad óptimo realizadas a 12 muestras dando como resultado un 80.93% como coeficiente de determinación que se obtuvo de la regresión tipo lineal.

De dicha correlación se llega a deducir que las tres propiedades tienden a ser directamente proporcionales entre sí. A mayor densidad, se obtendrá un mayor contenido óptimo de humedad.

CORRELACIÓN Nª 10

DENSIDAD SECA IN SITU VS DENSIDAD SECA MÁXIMA- HUMEDAD NATURAL

Figura 26. CORRELACIÓN Nª 10 DENSIDAD SECA IN SITU VS DENSIDAD SECA MÁXIMA- HUMEDAD NATURAL



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación:

$$\gamma \text{ Seca In situ (g/cm}^3\text{)} = 0.6958 + 3.5172 \text{ Log (} \gamma \text{d máx (g/cm}^3\text{))} + 0.0089 W \text{ nat (\%)} \quad (\%)$$

Número de muestras: 12

Coefficiente (R2): 81.60%

Tendencia: Logarítmica

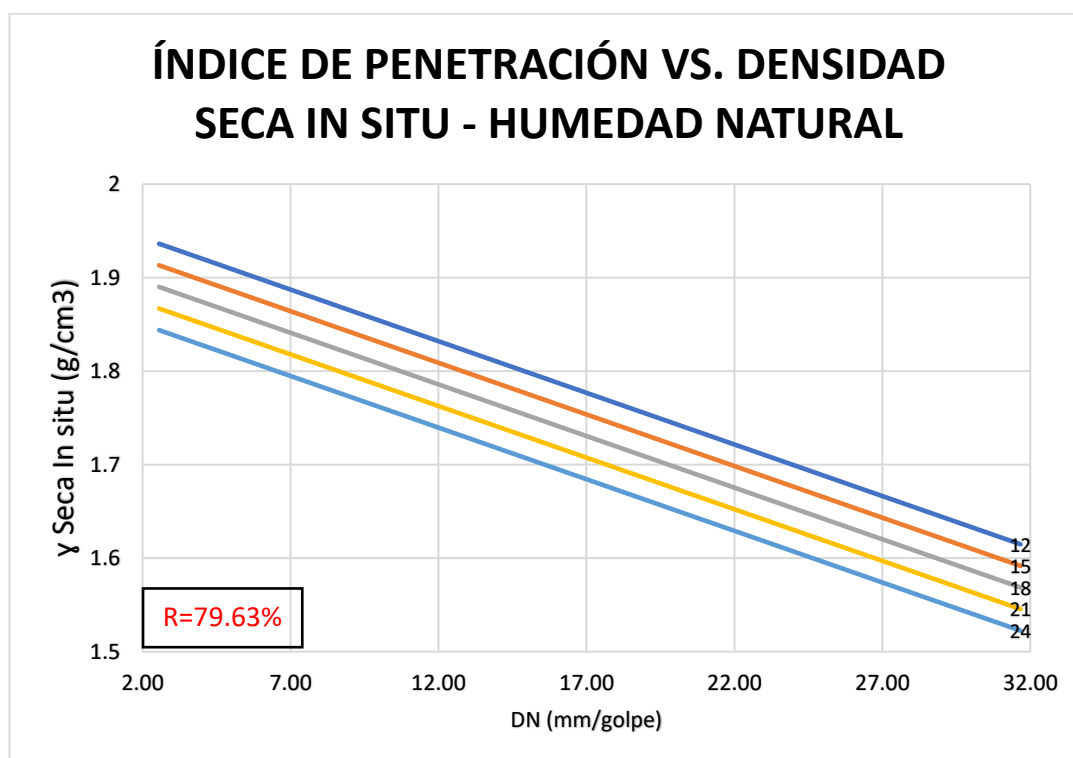
En el diagrama se puede observar una correlación múltiple de tres variables entre la Densidad Seca in situ vs Densidad Seca Máxima- Contenido de Humedad Natural realizadas a 12 muestras dando como resultado un 81.60 % como coeficiente de determinación que se obtuvo de la regresión tipo lineal.

De dicha correlación se llega a deducir que las tres propiedades tienden a ser directamente proporcionales entre sí. A mayor densidad, se obtendrá un mayor contenido natural.

CORRELACIÓN Nª 11

ÍNDICE DE PENETRACIÓN VS. DENSIDAD SECA IN SITU - HUMEDAD NATURAL

Figura 27. CORRELACIÓN Nª 11 ÍNDICE DE PENETRACIÓN VS. DENSIDAD SECA IN SITU - HUMEDAD NATURAL



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación:

$$\gamma \text{ Seca In situ (g/cm}^3\text{)} = 2.1488 + -0.2942 \text{ Log (DN (mm/golpe))} + -0.0077W \text{ nat (\%)}$$

Número de muestras: 10

Coefficiente (R2): 79.63%

Tendencia: Logarítmica

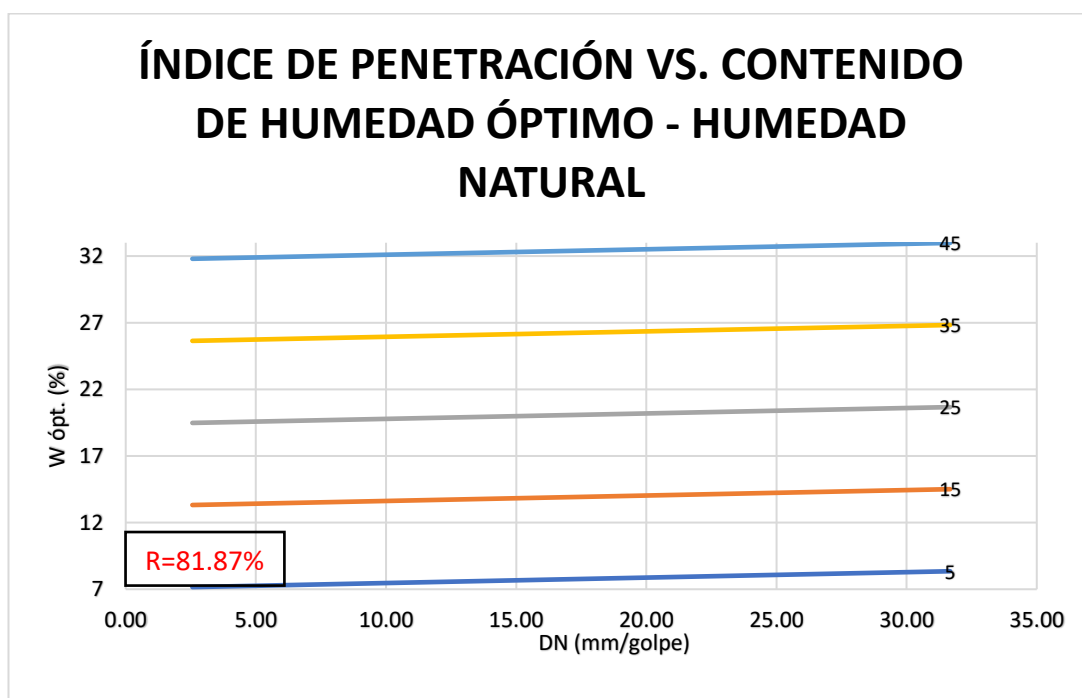
En el diagrama se puede observar una correlación múltiple de tres variables entre el índice de penetración vs humedad natural – densidad seca in situ realizadas a 10 muestras dando como resultado un 79.63 % como coeficiente de determinación que se obtuvo de la regresión tipo logarítmica.

De dicha correlación se llega a deducir que a mayor contenido de humedad y mayor densidad seca in situ llegará a disminuir su índice de penetración.

CORRELACIÓN Nª 12

ÍNDICE DE PENETRACIÓN VS. CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO - HUMEDAD NATURAL

Figura 28. CORRELACIÓN Nª 12 ÍNDICE DE PENETRACIÓN VS. CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO - HUMEDAD NATURAL



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación:

$$W \text{ ópt. (\%)} = 3.6388 + 1.0875 \text{ Log (DN (mm/golpe))} + 0.6159 W \text{ nat. (\%)}$$

Número de muestras: 12

Coefficiente (R²): 81.87%

Tendencia: Logarítmico

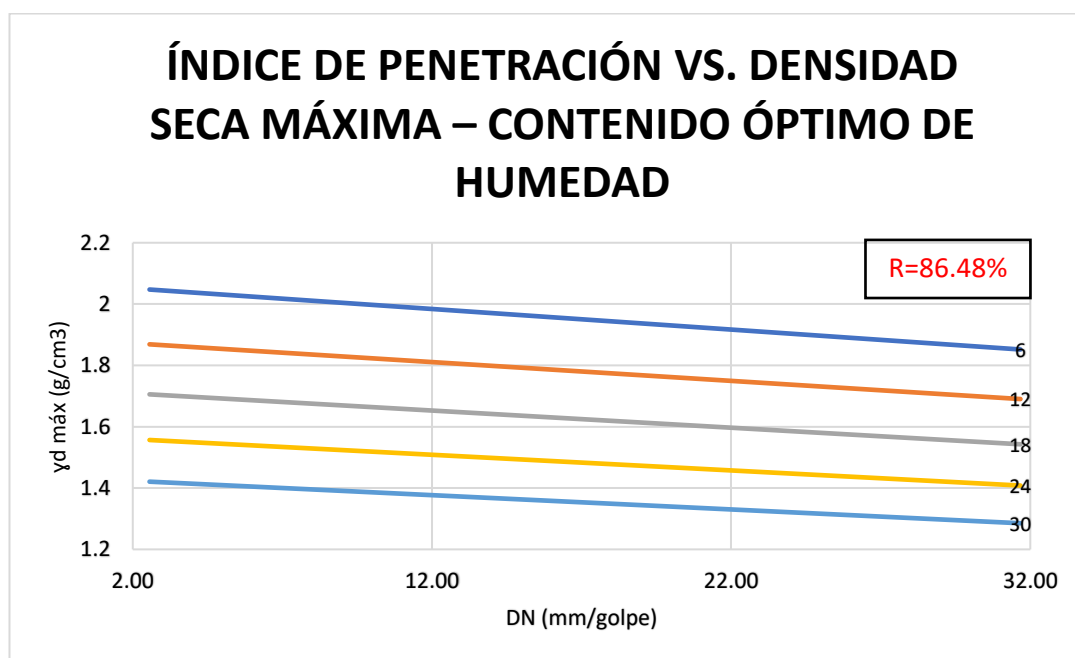
En el diagrama se puede observar una correlación múltiple de tres variables entre el índice de penetración vs. contenido de humedad óptimo - humedad natural realizadas a 12 muestras dando como resultado un 81.87 % como coeficiente de determinación que se obtuvo de la regresión tipo logarítmica.

De dicha correlación se llega a deducir que las tres propiedades tienden a ser directamente proporcionales entre sí. A mayor contenido óptimo de humedad y un mayor contenido de humedad natural se obtendrá un mayor índice de penetración.

CORRELACIÓN Nª 13

ÍNDICE DE PENETRACIÓN VS. DENSIDAD SECA MÁXIMA – CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD

Figura 29. CORRELACIÓN Nª 13 ÍNDICE DE PENETRACIÓN VS. DENSIDAD SECA MÁXIMA – CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación:

$$y_d \text{ máx (g/cm}^3) = 2.2631 * e^{(-0.0034DN \text{ (mm/golpe)})} * e^{(-0.0152W \text{ ópt (\%)})}$$

Número de muestras: 12

Coefficiente (R²): 86.48%

Tendencia: Exponencial

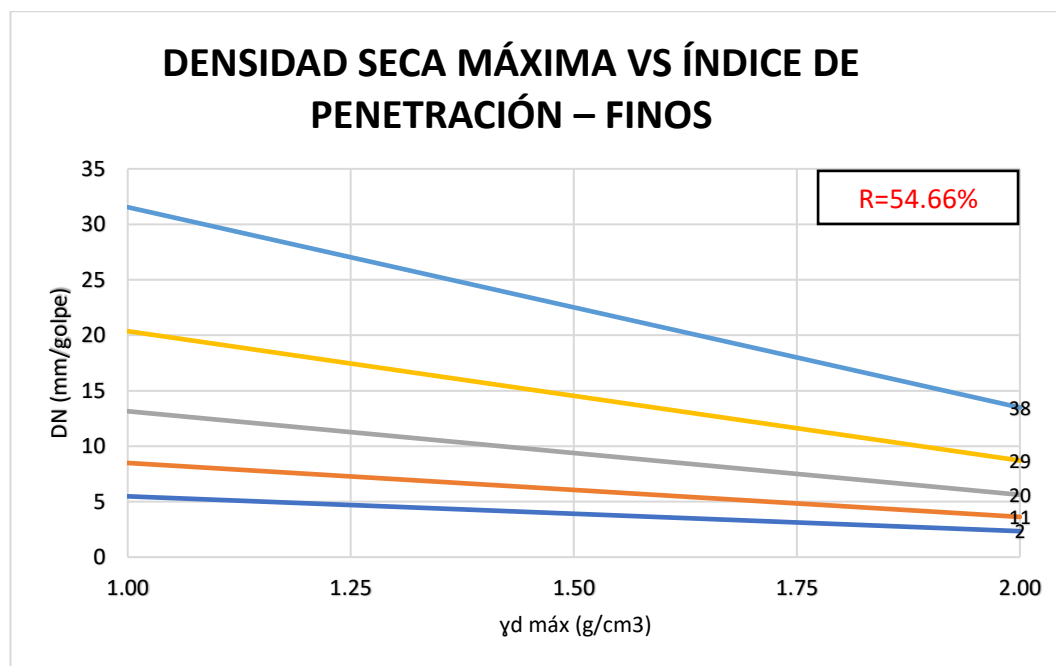
En el diagrama se puede observar una correlación múltiple de tres variables entre el índice de penetración vs. Densidad seca máxima – contenido óptimo de humedad realizadas a 12 muestras dando como resultado un 86.48 % como coeficiente de determinación que se obtuvo de la regresión tipo exponencial.

De dicha correlación se llega a deducir que las propiedades tienden a ser inversamente proporcionales entre sí. A menor contenido óptimo de humedad y menor índice de penetración se obtendrá una mayor densidad seca máxima.

CORRELACIÓN Nª 14

DENSIDAD SECA MÁXIMA VS ÍNDICE DE PENETRACIÓN – FINOS

Figura 30. CORRELACIÓN Nª 14 DENSIDAD SECA MÁXIMA VS ÍNDICE DE PENETRACIÓN – FINOS



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación:

$$DN \text{ (mm/golpe)} = 11.6369 * e^{(-0.8499 yd \text{ máx (g/cm3)})} * e^{(0.0486 F \text{ (\%)})}$$

Número de muestras: 10

Coefficiente (R2): 54.66%

Tendencia: Exponencial

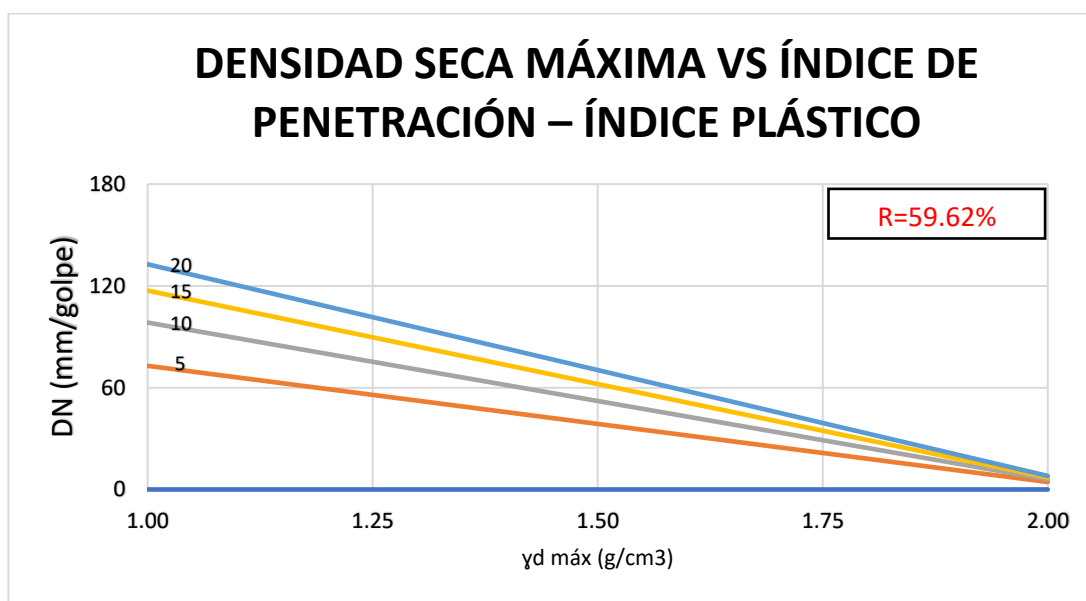
En el diagrama se puede observar una correlación múltiple de tres variables entre densidad seca máxima vs índice de penetración – finos realizados a 12 muestras dando como resultado un 54.66 % como coeficiente de determinación, coeficiente aceptable, que se obtuvo de la regresión tipo exponencial.

De dicha correlación se llega a deducir que las propiedades tienden a ser inversamente proporcionales entre sí. A mayor densidad seca máxima y porcentaje de Finos se obtendrá un menor índice de penetración.

CORRELACIÓN Nª 15

DENSIDAD SECA MÁXIMA VS ÍNDICE DE PENETRACIÓN – ÍNDICE PLÁSTICO

Figura 31. CORRELACIÓN Nª 15 DENSIDAD SECA MÁXIMA VS ÍNDICE DE PENETRACIÓN – ÍNDICE PLÁSTICO



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación:

potencial

$$DN \text{ (mm/golpe)} = 36.3405 * \gamma_d \text{ máx}^{-4.0508} * \text{Índice Plástico}^{0.4325}$$

Número de muestras: 10

Coefficiente (R²): 59.62%

Tendencia: Potencial

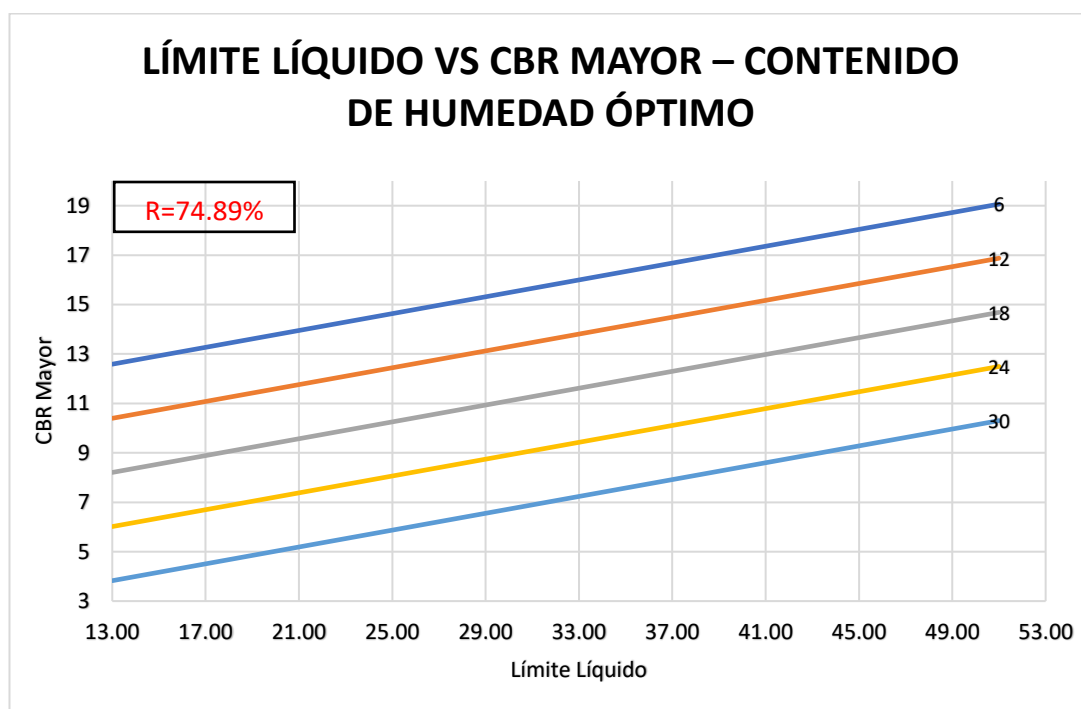
En el diagrama se puede observar una correlación múltiple de tres variables entre Densidad Seca Máxima vs Índice de Penetración – Índice Plástico realizadas a 10 muestras dando como resultado un 59.62 % como coeficiente de determinación, coeficiente aceptable, que se obtuvo de la regresión tipo potencial.

De dicha correlación se llega a deducir que las propiedades tienden a ser inversamente proporcionales entre sí. A menor densidad seca máxima y porcentaje de Índice de plasticidad se obtendrá un mayor índice de penetración.

CORRELACIÓN Nª 16

LÍMITE LÍQUIDO VS CBR MAYOR – CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO

Figura 32. CORRELACIÓN Nª 16 LÍMITE LÍQUIDO VS CBR MAYOR – CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación:

LOGARÍTMICA

$CBR Mayor = 2.6244 + 10.9099 \text{ Log (Límite Líquido LL\%)} - 0.365W \text{ ópt (\%)}$

Número de muestras: 10

Coficiente (R2): 74.89%

Tendencia: Logarítmico

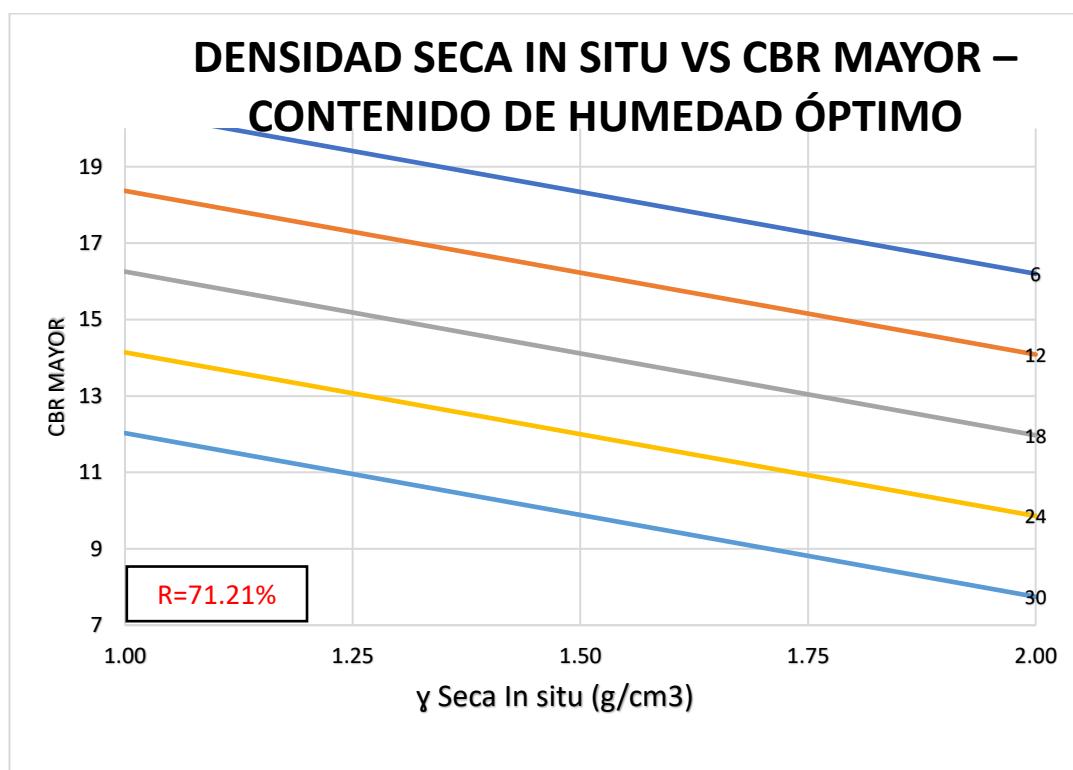
En el diagrama se puede observar una correlación múltiple de tres variables entre Límite líquido vs CBR mayor – Contenido de Humedad Óptimo realizadas a 10 muestras dando como resultado un 74.89 % como coeficiente de determinación, que se obtuvo de la regresión tipo logarítmico.

De dicha correlación se llega a deducir que las propiedades tienden a ser directamente proporcionales entre sí. A menor cantidad de agua, se obtendrá un CBR mayor y por ende un contenido Humedad Óptimo.

CORRELACIÓN Nª 17

DENSIDAD SECA IN SITU VS CBR MAYOR – CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO

Figura 33. CORRELACIÓN Nª 17 DENSIDAD SECA IN SITU VS CBR MAYOR – CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación:

$$\text{CBR Mayor} = 26.8785 - 4.2834 \gamma \text{ Seca In situ (g/cm}^3\text{)} - 0.3523 W \text{ ópt (\%)}$$

Número de muestras: 10

Coefficiente (R²): 71.21%

Tendencia: Lineal

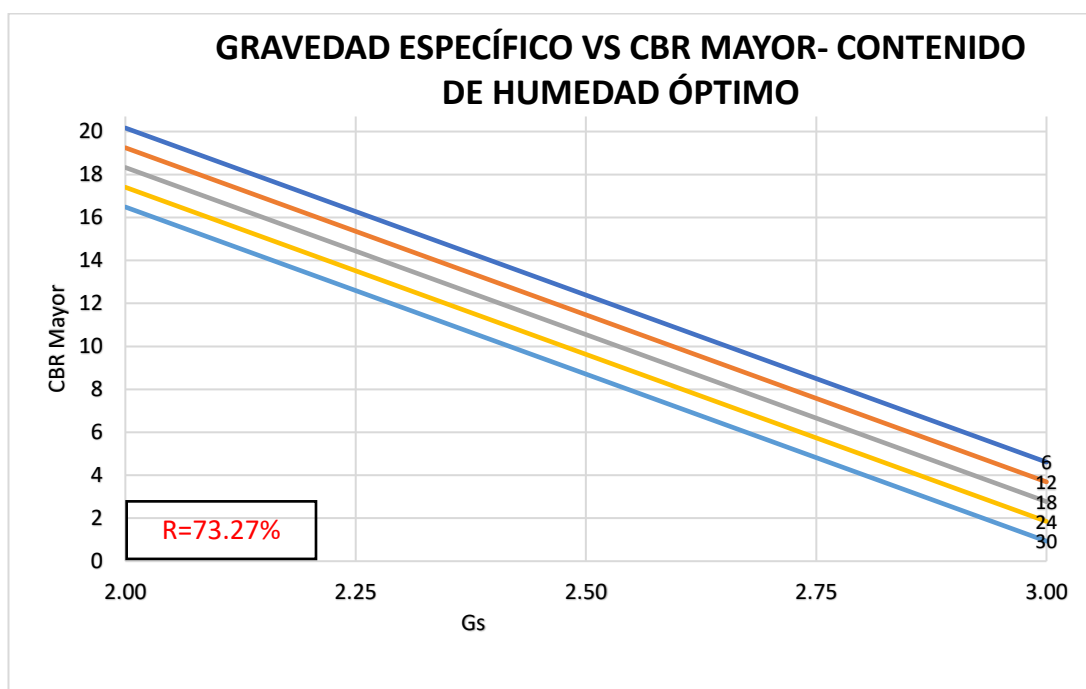
En el diagrama se puede observar una correlación múltiple de tres variables entre Densidad Seca in situ vs CBR mayor – contenido de humedad óptimo realizadas a 10 muestras dando como resultado un 71.21 % como coeficiente de determinación, que se obtuvo de la regresión tipo lineal.

De dicha correlación se llega a deducir que las propiedades tienden a ser inversamente proporcionales entre sí. A mayor densidad seca in situ y contenido de humedad óptimo, se obtendrá una disminución del CBR mayor.

CORRELACIÓN Nª 18

GRAVEDAD ESPECÍFICA VS CBR MAYOR- CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO

Figura 34. CORRELACIÓN Nª 18 GRAVEDAD ESPECÍFICA VS CBR MAYOR- CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

ECUACIÓN:

$$\text{CBR Mayor} = 52.1931 - 15.5544 \text{ GS} - 0.1533 \text{ W ópt (\%)}$$

Número de muestras: 10

Coefficiente (R2): 73.20%

Tendencia: Lineal

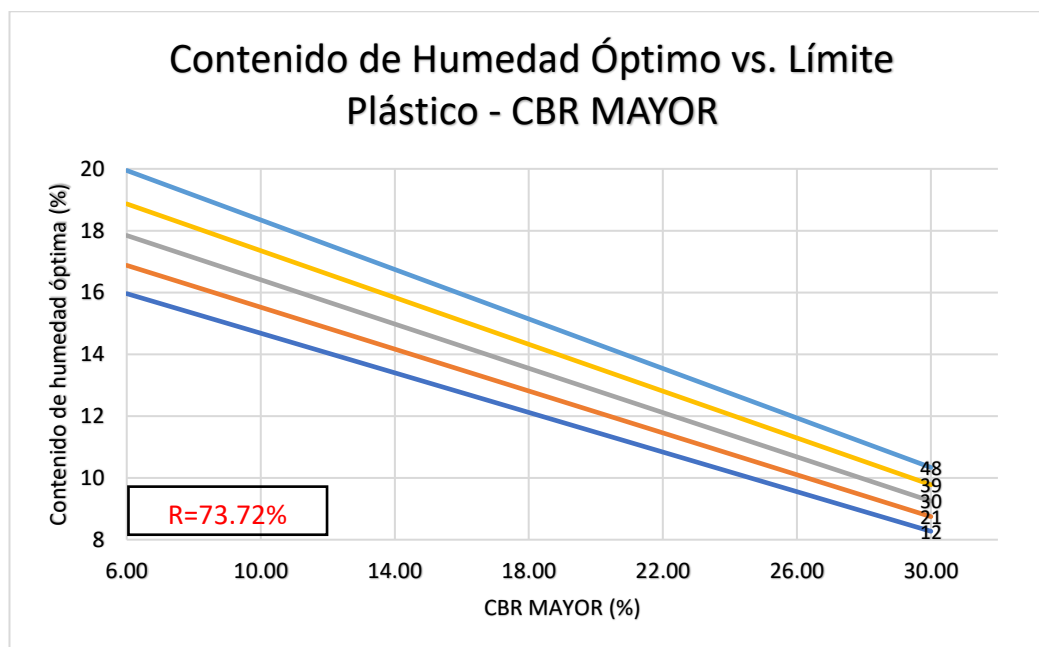
En el diagrama se puede observar una correlación múltiple de tres variables entre Gravedad específica vs CBR mayor- contenido de humedad realizadas a 10 muestras dando como resultado un 73.00 % como coeficiente de determinación, que se obtuvo de la regresión tipo lineal.

De dicha correlación se llega a deducir que las propiedades tienden a ser inversamente proporcionales entre sí. Al aumentar gravedad específica y el CBR Mayor, tiende a disminuir el contenido de humedad óptimo.

CORRELACIÓN Nª 19

CONTENIDO DE HUMEDAD VS CBR MAYOR- LÍMITE PLÁSTICO

Figura 35. CORRELACIÓN Nª 19 CONTENIDO DE HUMEDAD VS CBR MAYOR- LÍMITE PLÁSTICO



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación:

$$\text{CBR Mayor} = 17.4666 * e^{(-0.0274W \text{ ópt} (\%))} * e^{(0.0062\text{Límite Plástico})}$$

Número de muestras: 10

Coefficiente (R2): 73.72%

Tendencia: Exponencial

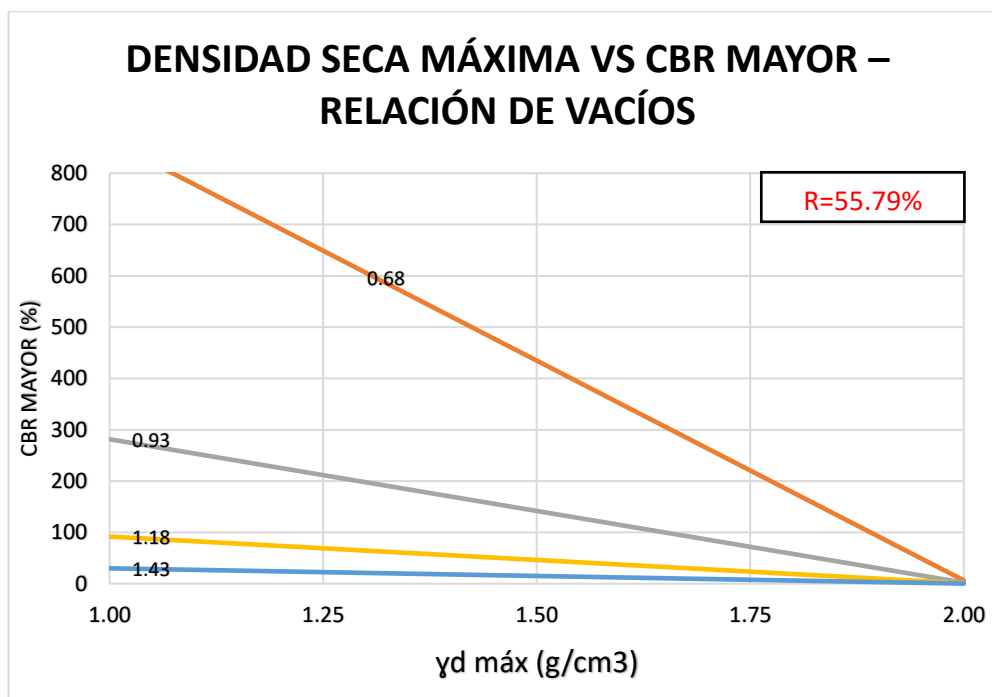
En el diagrama se puede observar una correlación múltiple de tres variables entre Gravedad específico vs CBR mayor- Contenido de Humedad óptimo a 10 muestras dando como resultado un 73.72 % como coeficiente de determinación, que se obtuvo de la regresión tipo exponencial.

De dicha correlación se llega a deducir que las propiedades tienden a ser directamente proporcionales entre sí. Al aumentar la propiedad de Límite Plástico y el CBR Mayor, tiende a disminuir el contenido de humedad óptimo.

CORRELACIÓN Nª 20

DENSIDAD SECA MÁXIMA VS CBR MAYOR – RELACIÓN DE VACÍOS

Figura 36. CORRELACIÓN Nª 20 DENSIDAD SECA MÁXIMA VS CBR MAYOR – RELACIÓN DE VACÍOS



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación:

$$\text{CBR Mayor} = 2434672.6 * e^{(-4.8971 \gamma d \text{ máx (kg/m}^3))} * e^{(-4.482e (\%))}$$

Número de muestras: 10

Coefficiente (R²): 55.79%

Tendencia: Exponencial

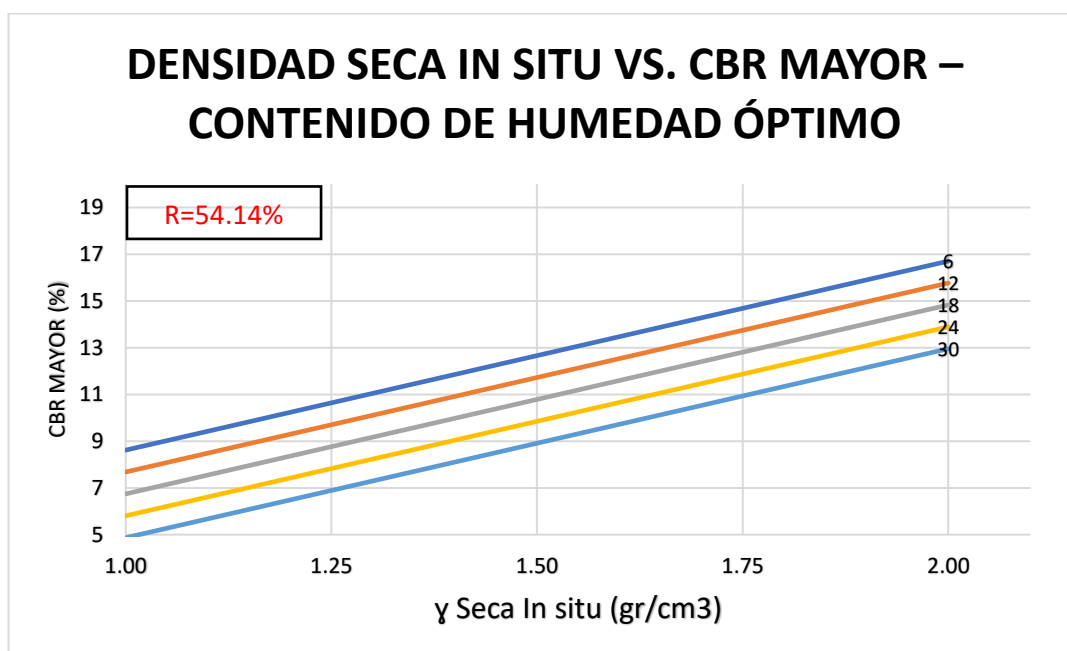
En el diagrama se puede observar una correlación múltiple de tres variables entre Densidad Seca Máxima vs CBR mayor – Relación de Vacíos óptimo a 10 muestras dando como resultado un 55.79 % como coeficiente de determinación, que se obtuvo de la regresión tipo exponencial.

De dicha correlación se llega a deducir que las propiedades tienden a ser inversamente proporcionales entre sí. Al aumentar densidad seca máxima y el CBR mayor, la relación de vacíos tiende a disminuir.

CORRELACIÓN N° 21

DENSIDAD SECA IN SITU VS. CBR MAYOR – CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO

Figura 37. CORRELACIÓN N° 21 DENSIDAD SECA IN SITU VS. CBR MAYOR – CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación:

$$\text{CBR Mayor} = 9.5559 + 26.8598 \text{ Log} (\gamma \text{ Seca In situ (kg/m}^3)) - 0.1562 W \text{ ópt (\%)}$$

NÚMERO de muestra: 10

Coefficiente (R²): 54.14%

Tendencia: Logarítmica

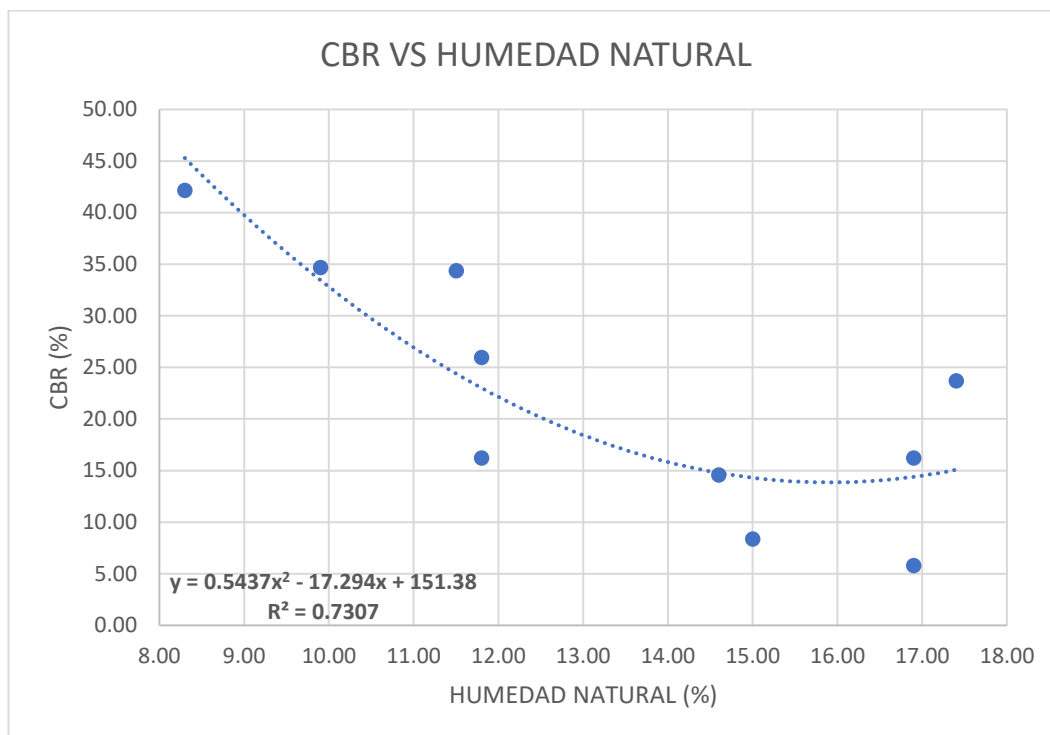
En el diagrama se puede observar una correlación múltiple de tres variables entre Gravedad específico vs CBR mayor- Contenido de Humedad óptimo a 10 muestras dando como resultado un 54.14 % como coeficiente de determinación, que se obtuvo de la regresión tipo logarítmico.

De dicha correlación se llega a deducir que las propiedades tienden a ser inversamente proporcionales entre sí. Al aumentar la propiedad Densidad seca in situ y el CBR Mayor, tiende a disminuir el contenido de humedad óptimo.

CORRELACIÓN Nª 22

CBR MAYOR VS. HUMEDAD NATURAL

Figura 38. CORRELACIÓN Nª 22 CBR MAYOR VS. HUMEDAD NATURAL



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Ecuación:

$$\text{CBR Mayor} = 0.5437 \cdot W_{\text{nat}}^2 - 17.294 W_{\text{nat}} + 151.38$$

NÚMERO de muestra: 10

Coefficiente (R2): 73.07%

Tendencia: Polinómica

En el diagrama se puede observar una correlación múltiple de dos variables entre CBR mayor vs Contenido de Humedad óptimo de 10 muestras dando como resultado un 73.07% como coeficiente de determinación, que se obtuvo de la regresión tipo polinómica de segundo grado.

De dicha correlación se llega a deducir que las propiedades tienden a ser inversamente proporcionales entre sí. Al aumentar la Humedad natural, el porcentaje de CBR tiende a disminuir.

3.2. CÁLCULO DE TRÁFICO

CÁLCULO DE TPDA

El tráfico promedio diario anual (TPDA) se puede definir al volumen total de vehículos que pasan por un punto durante un tiempo determinado. Dicho conteo fue desarrollado el 05 de junio de 2021 en un lapso de diez horas.

VOLUMEN HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA

En la siguiente tabla se puede registrar la mayor afluencia de vehículos que transitaron en una hora. El VHMD más conocida como hora pico se dio desde las 14h00 hasta las 15h00.

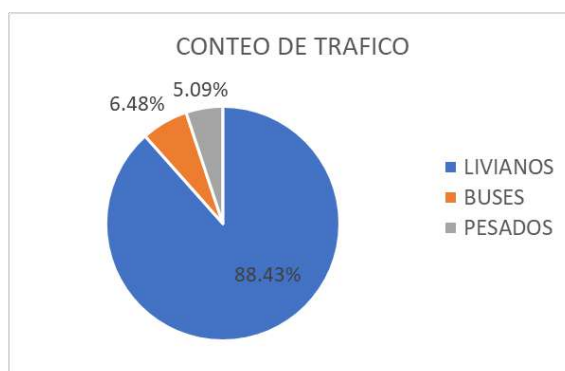
Tabla 26. Volumen Horario de Máxima Demanda

VOLUMEN HORARIO MÁXIMA DEMANDA BAÑOS RUNTÚN				
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	SUMA PARCIAL
14h00-14h15	49	3	5	57
14h15-14h30	53	6	1	60
14h30-14h45	39	4	2	45
14h45-15h00	50	1	3	54
TOTAL	191	14	11	216
TOTAL (%)	88.43%	6.48%	5.09%	100.00%

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

En este transcurso de tiempo se logra determinar que doscientos dieciséis corresponden al volumen horario de máxima demanda, donde se registra que el 5.09 % corresponde a vehículos pesados, 6.48% para buses y el 88.43% a vehículos livianos, siendo esta ultima el mayor número de vehículos que transitan.

Figura 39. Conteo de tráfico



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

FACTOR HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA

Es la relación entre el VHMD y el volumen máximo que se da en 15 minutos dentro de la hora pico multiplicado por cuatro.

$$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{4 * (Q_{15 \text{ máx}})}$$

$$FHMD_{15} = \frac{216}{4 * (60)}$$

$$FHMD_{15} = 0.9$$

Como dicho valor es inferior a 1, en periodos cortos la concentración de flujos de vehículos es mayor, por lo que se asume que el FHMD es igual a 1.

TRÁFICO ACTUAL

La vía Baños-Runtun corresponde a un camino rural, el 15% de TPDA representa trigésima hora.

LIVIANOS

$$TPDA = \frac{\# \text{ vhc} * FHMD}{15\%}$$

$$TPDA_{\text{livianos}} = \frac{191 * 1}{15\%}$$

$$TPDA_{\text{livianos}} = 1274$$

BUSES

$$TPDA = \frac{\# \text{ vhc} * FHMD}{15\%}$$

$$TPDA_{\text{buses}} = \frac{14 * 1}{15\%}$$

$$TPDA_{\text{livianos}} = 94$$

PESADOS

$$TPDA = \frac{\# \text{ vhc} * FHMD}{15\%}$$

$$TPDA_{\text{pesados}} = \frac{11 * 1}{15\%}$$

$$TPDA_{\text{livianos}} = 73$$

Tabla 27. TPDA Actual

TIPO VHC	TPDA	TPDA ACTUAL
LIVIANOS	191	1274
BUSES	14	94
PESADOS	11	74
TOTAL		1442

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

El tráfico actual es la suma del tráfico generado más el tráfico atraído y el tráfico desarrollado. Para nuevas vías se toma un valor de n igual a 30 años.

TRÁFICO GENERADO

Corresponde al 20% de TPDA ACTUAL

TRÁFICO ATRAÍDO

Corresponde al 0% de TPDA ACTUAL

TRÁFICO DESARROLLADO

Corresponde al 5% de TPDA ACTUAL

Tabla 28. Tráfico Actual

TIPO VHC	TPDA	Tg (20% TPDA)	Tat (10% TPDA)	Td (5% TPDA)	Trafico actual
LIVIANOS	1274	254.8	127.4	63.7	1720
BUSES	94	18.8	9.4	4.7	127
PESADOS	74	14.8	7.4	3.7	100
TOTAL	1442	288	144	72	1947

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

TRÁFICO FUTURO

La vía donde se realizó el estudio es considerada una carretera pavimentada de baja intensidad de tránsito por lo que el periodo de vida útil es de 20 años

La fórmula de Tráfico futuro se expresa de la siguiente manera:

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

TRÁFICO FUTURO PARA LOS SIGUIENTES AÑOS PARA VEHÍCULOS LIVIANOS:

PRIMER AÑO (2021)

$$Tf_{\text{livianos}} = Ta * (1 + i)^n$$

$$Tf_{\text{livianos}} = 1720 * (1 + 0.0357)^1$$

$$Tf_{\text{livianos}} = 1781$$

10 AÑOS (2031)

$$Tf_{\text{livianos}} = Ta * (1 + i)^n$$

$$Tf_{\text{livianos}} = 1720 * (1 + 0.0325)^{10}$$

$$Tf_{\text{livianos}} = 2368$$

20 AÑOS (2041)

$$Tf_{\text{livianos}} = Ta * (1 + i)^n$$

$$Tf_{\text{livianos}} = 1720 * (1 + 0.0325)^{20}$$

$$Tf_{\text{livianos}} = 3261$$

TRÁFICO FUTURO PARA LOS SIGUIENTES AÑOS PARA BUSES

PRIMER AÑO (2021)

$$Tf_{buses} = Ta * (1 + i)^n$$

$$Tf_{buses} = 127 * (1 + 0.0178)^1$$

$$Tf_{buses} = 129$$

10 AÑOS (2031)

$$Tf_{buses} = Ta * (1 + i)^n$$

$$Tf_{buses} = 127 * (1 + 0.0162)^{10}$$

$$Tf_{buses} = 149$$

20 AÑOS (2041)

$$Tf_{buses} = Ta * (1 + i)^n$$

$$Tf_{buses} = 127 * (1 + 0.0162)^{20}$$

$$Tf_{buses} = 175$$

$$Tf_{buses} = 3261$$

TRÁFICO FUTURO PARA LOS SIGUIENTES AÑOS PARA VEHÍCULOS PESADOS

PRIMER AÑO (2021)

$$Tf_{pesados} = Ta * (1 + i)^n$$

$$Tf_{pesados} = 100 * (1 + 0.0174)^1$$

$$Tf_{\text{pesados}} = 102$$

10 AÑOS (2031)

$$Tf_{\text{pesados}} = Ta * (1 + i)^n$$

$$Tf_{\text{pesados}} = 100 * (1 + 0.0158)^{10}$$

$$Tf_{\text{pesados}} = 119$$

20 AÑOS (2041)

$$Tf_{\text{pesados}} = Ta * (1 + i)^n$$

$$Tf_{\text{pesados}} = 127 * (1 + 0.0158)^{20}$$

$$Tf_{\text{pesados}} = 141$$

CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES

FACTOR DE DAÑO

Para la obtención de Fd se emplea la tabla del manual de diseño de pavimentos que ofrece la AASHTO 93

Tabla 29. Factor de daño

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

Fuente: Manual de diseño de Pavimentos (AASHTO 93)

Factor de daño para los vehículos son los siguientes

LIVIANOS

Fd= 0.04

BUSES

Fd=1.04

CAMIONES

Fd=1.29

Tabla 30. Cálculo de Ejes Equivalentes

CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES A 8.2 TON										
AÑO	% CRECIMIENTO			TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL				W18	W18 ACUMULADO	W18 POR DIRECCIÓN
	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TOTAL			
2021	3.57	1.78	1.74	1781	129	102	2012	122892	122892	61446
2022	3.57	1.78	1.74	1781	129	102	2012	122892	245784	122892
2023	3.57	1.78	1.74	1781	129	102	2012	122892	368676	184338
2024	3.57	1.78	1.74	1781	129	102	2012	122892	491568	245784
2025	3.57	1.78	1.74	1781	129	102	2012	122892	614460	307230
2026	3.25	1.62	1.58	1776	129	102	2006	122735	737195	368597
2027	3.25	1.62	1.58	1776	129	102	2006	122735	859929	429965
2028	3.25	1.62	1.58	1776	129	102	2006	122735	982664	491332
2029	3.25	1.62	1.58	1776	129	102	2006	122735	1105399	552699
2030	3.25	1.62	1.58	1776	129	102	2006	122735	1228133	614067
2031	3.25	1.62	1.58	2368	149	119	2636	147038	1375171	687586
2032	3.25	1.62	1.58	2368	149	119	2636	147038	1522209	761104
2033	3.25	1.62	1.58	2368	149	119	2636	147038	1669247	834623
2034	3.25	1.62	1.58	2368	149	119	2636	147038	1816284	908142
2035	3.25	1.62	1.58	2368	149	119	2636	147038	1963322	981661
2036	3.25	1.62	1.58	2368	149	119	2636	147038	2110360	1055180
2037	3.25	1.62	1.58	2368	149	119	2636	147038	2257398	1128699
2038	3.25	1.62	1.58	2368	149	119	2636	147038	2404435	1202218
2039	3.25	1.62	1.58	2368	149	119	2636	147038	2551473	1275737
2040	3.25	1.62	1.58	2368	149	119	2636	147038	2698511	1349255
2041	3.25	1.62	1.58	3261	175	141	3577	180454	2878965	1439482

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

3.3. DISEÑO PAVIMENTO FLEXIBLE

CONFIABILIDAD, R

La vía donde se realizará el diseño de pavimento corresponde a un tipo de camino, colector rural

Tabla 31. Confiabilidad, R

TIPO DE CAMINO	CONFIABILIDAD RECOMENDADA	
	ZONA URBANA	ZONA RURAL
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias Principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: Manual de diseño de Pavimentos (AASHTO 93)

Para el diseño se escoge un valor de Confiabilidad igual a 85.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL, Z_r

Tabla 32. DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL, Z_r

CONFIABILIDAD R%	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL, Z _R
50	0.000
60	0.253
70	0.524
75	0.674
80	0.841
85	1.037
90	1.282
91	1.340
92	1.405
93	1.476
94	1.555
95	1.645
96	1.751
97	1.881
98	2.054
99	2.327
99.9	3.090

Fuente: Manual de diseño de Pavimentos (AASHTO 93)

Al tener un valor de Confiabilidad (R) equivalente a 85, la desviación estándar normal será un valor negativo de 1.037.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR GLOBAL

Para el diseño de pavimento flexible se recomienda un valor de 0.45 del rango de 0.40 < S_o < 50.

ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD

ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (PSI INICIAL)

La norma recomienda un valor de 4.2 para diseño de pavimento flexible

ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (PSI FINAL)

Para vías con tráfico menor se recomienda un valor de 2.0, en este diseño se optará por el valor de 2.2

Para un valor de índice de serviciabilidad se obtendrá de la diferencia de PSI FINAL y PSI INICIAL

$$\Delta\text{PSI} = \text{PSI FINAL} - \text{PSI INICIAL}$$

$$\Delta\text{PSI} = 4.2 - 2.2$$

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

MÓDULO DE RESILIENCIA, SUBRASANTE

Para obtener el M_r , se utilizará un CBR de laboratorio igual a 11.5 perteneciente a la muestra N°2 de la vía Baños- Runtun.

Como el valor de CBR es menor a 20% se utiliza la fórmula de la ecuación N.º 12

$$M_r = 3000 * \text{CBR}^{0.65}$$

$$M_r = 3000 * 11.50^{0.65}$$

$$M_r = 14675 \text{ PSI}$$

$$M_r = 14.675 \text{ KSI}$$

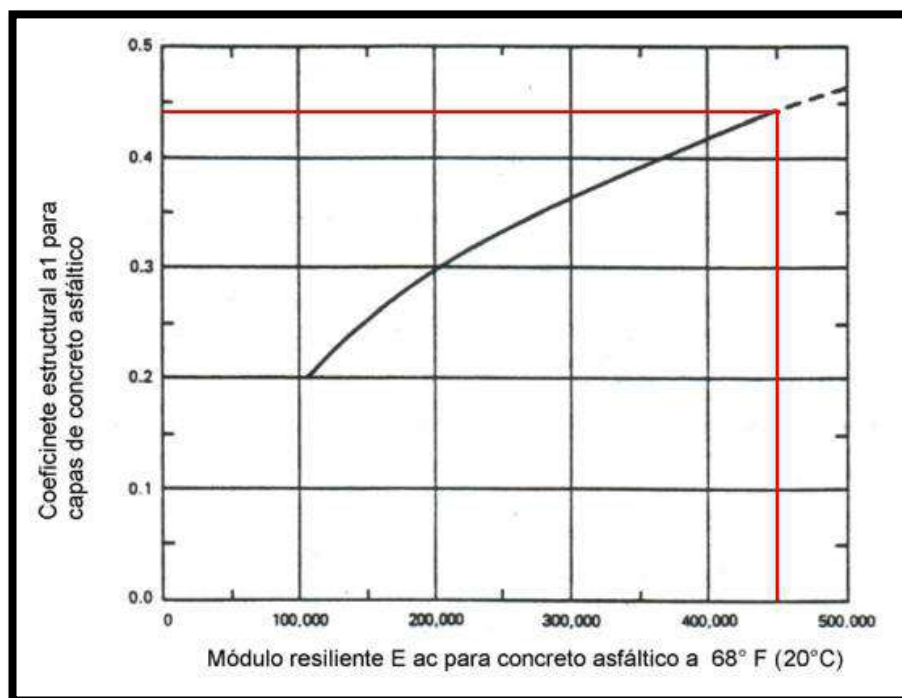
COEFICIENTE ESTRUCTURALES

COEFICIENTE ESTRUCTURAL a1

Para bases la norma MTOP sugiere un valor mayor o igual al 80 % para CBR

Para el diseño de esta vía se optará por un Módulo Elástico un valor a 450000 PSI. De la fig. N°36 se obtiene un valor de 0.44 como coeficiente estructural a1

Figura 40. Ábaco para estimar valor de Coeficiente estructural a1



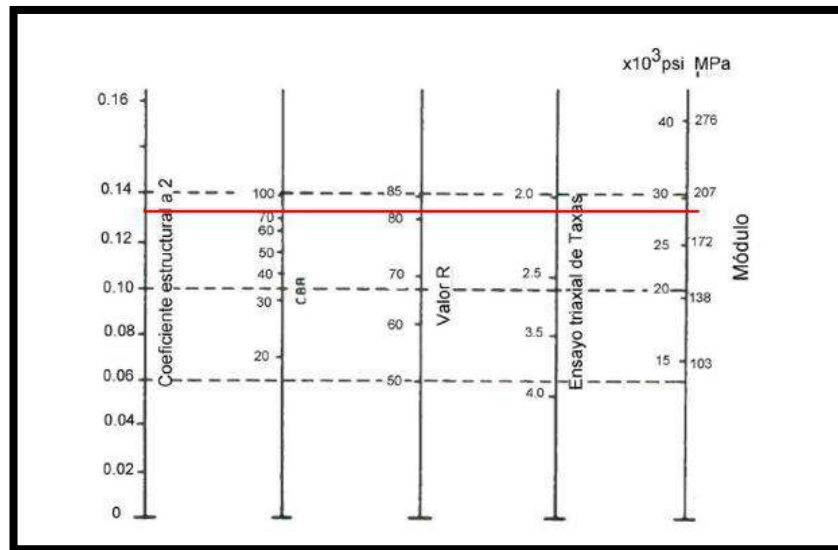
Fuente: Manual de diseño de Pavimentos (AASHTO 93)

GRÁFICO PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE CAPAS ASFÁLTICAS EN FUNCIÓN DEL MÓDULO RESILIENTE

Para el diseño de esta vía se optará por un Módulo Elástico un valor a 450000 PSI. De la fig. N° 37 se obtiene un valor de 0.44 como coeficiente estructural a1.

COEFICIENTE ESTRUCTURAL a2

Figura 41. Ábaco para estimar valor de Coeficiente estructural a2

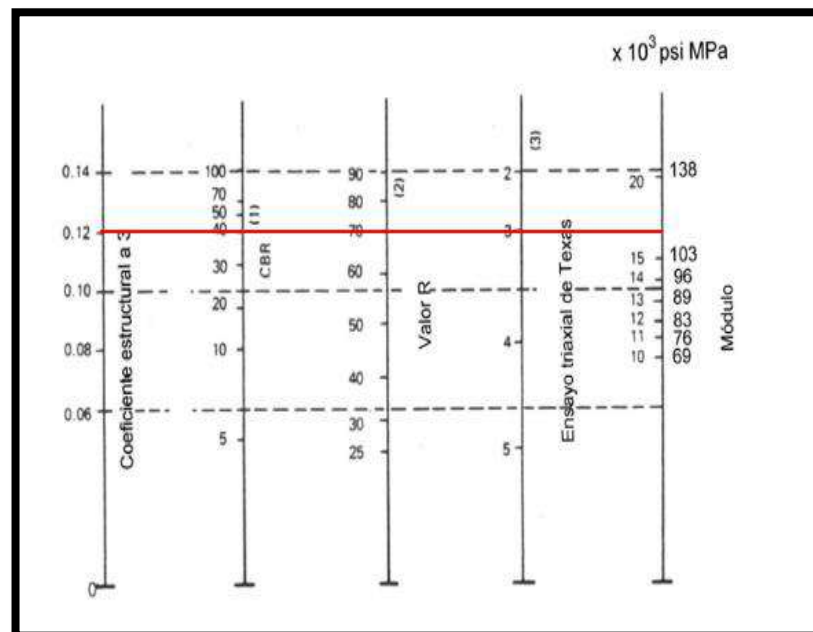


Fuente: Manual de diseño de Pavimentos (AASHTO 93)

Para un CBR 80% se obtiene un valor de 28KSI como módulo de resiliencia, de la misma manera se obtiene un valor de 0.135 como coeficiente estructural a_2 .

COEFICIENTE ESTRUCTURAL a3

Figura 42. Ábaco para estimar valor de Coeficiente estructural a3



Fuente: Manual de diseño de Pavimentos (AASHTO 93)

Para un valor de CBR 40 se obtiene un valor de 0.12 como Coeficiente Estructural a3, de la misma manera se obtiene un valor de 17KSI como Módulo de Resiliencia.

COEFICIENTE DE DRENAJE

Se estima que el tiempo en eliminar el agua en la zona tiene una duración de tres días, por lo tanto, se escoge la opción regular, es decir, una semana.

Tabla 33. Coeficiente de Drenaje

CALIDAD DE DRENAJE	50% SATURACIÓN EN
EXCELENTE	2 HORAS
BUENO	1 DIA
REGULAR	1 SEMANA
POBRE	1 MES
MUY POBRE	EL AGUA NO DRENA

Fuente: Manual de diseño de Pavimentos (AASHTO 93)

Tabla 34. Coeficiente de Drenaje- m1, m2

COEFICIENTE DE DRENAJE	PORCENTAJE 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: Manual de diseño de Pavimentos (AASHTO 93)

Se escogerá un valor de m1 y m2 igual a 1.10

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PROGRAMA DISAASHTO-93

Figura 43. Cálculo de SN

DISAASHTO93 - CALCULAR SN

FORMULARIO DE ENTRADA PARA CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL SN

DISAASHTO-93
DESIGN SOFTWARE FOR FLEXIBLE AND RIGID PAVEMENTS
MALAYSIA

$$\text{LOG}(W) = ZR * So + 9.36 * \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{4.2 - 1.5}{0.40 + (SN + 1)^{5.19}}\right)}{1094} + 2.32 * \text{Log}(MR) - 8.07$$

DATOS DE ENTRADA

TRANSITO W(8.2) DESVIACION ESTANDAR TOTAL (So)

MODULO RESILIENTE (PSI) DIF. INDICES DE SERVIC. (ΔPSI)

DESVIACION ESTANDAR NORMAL (-ZR)

NUMERO ESTRUCTURAL (SN) =

Cálculo de Espesores

De acuerdo con los valores que se obtuvo con el anterior programa, se colocará en el programa DISAASHTO-93 para obtener los valores de los espesores (D1, D2, D3) en pulgadas.

Los valores de los Módulos Resilientes deben colocarse en PSI

Tabla 35. Datos de primer diseño para introducir a Software DISAASHTO-93

DATOS POR INTRODUCIR	
W18	1439482
So	0.45
ΔPSI	2.2
-Zr	-1.04
a1	0.44
a2	0.135
Mr BASE	28000
a3	0.12
Mr Subbase	17000
Mr Subrasante	14675
m1	1.1
m2	1.1

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Figura 44. Datos Ingresados a Software DISAASHTO-93

The screenshot displays the 'DISAASHTO-93 - DISEÑO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO' software interface. It is divided into several sections:

- MENU**: The main title bar and a sub-header.
- DATOS GENERALES**: Includes fields for 'TRANSITO EE(8.2 Ton)' (W=1439482), 'DESVIACION ESTANDAR TOTAL' (So=0.45), 'DIF. INDICES DE SERVICIO' (ΔPSI=2.2), and 'DESVIACION ESTANDAR NORMAL' (-ZR=-1.04).
- DATOS ESPECIFICOS POR CAPA**: Contains input for 'MEZCLA ASFALTICA' (a1=0.44), 'BASE GRANULAR' (a2=0.135, m2=1.1, Mr=28000), 'SUBBASE' (a3=0.12, m3=1.1, Mr=17000), and 'SUBRASANTE' (Mr=14675).
- RESULTADOS**: Shows calculated values for 'NUMEROS ESTRUCTURALES CALCULADOS' (SN1=2.1, SN2=2.52, SN3=2.66) and 'ESPESORES INICIALES CALCULADOS' (D1(i)=4.773, D2(i)=11.044, D3(i)=6.735).
- ESPESES D1, D2, D3**: Each section shows the calculation of thickness (D), verification (D*), and structural number (SN). For D1, SN1* = 0.88 (NO CUMPLE, CAMBIE D1 Y RECALCULE). For D2, SN2* = 1.771 (NO CUMPLE, CAMBIE D2*). For D3, SN3* = 2.695 (CUMPLE OK).

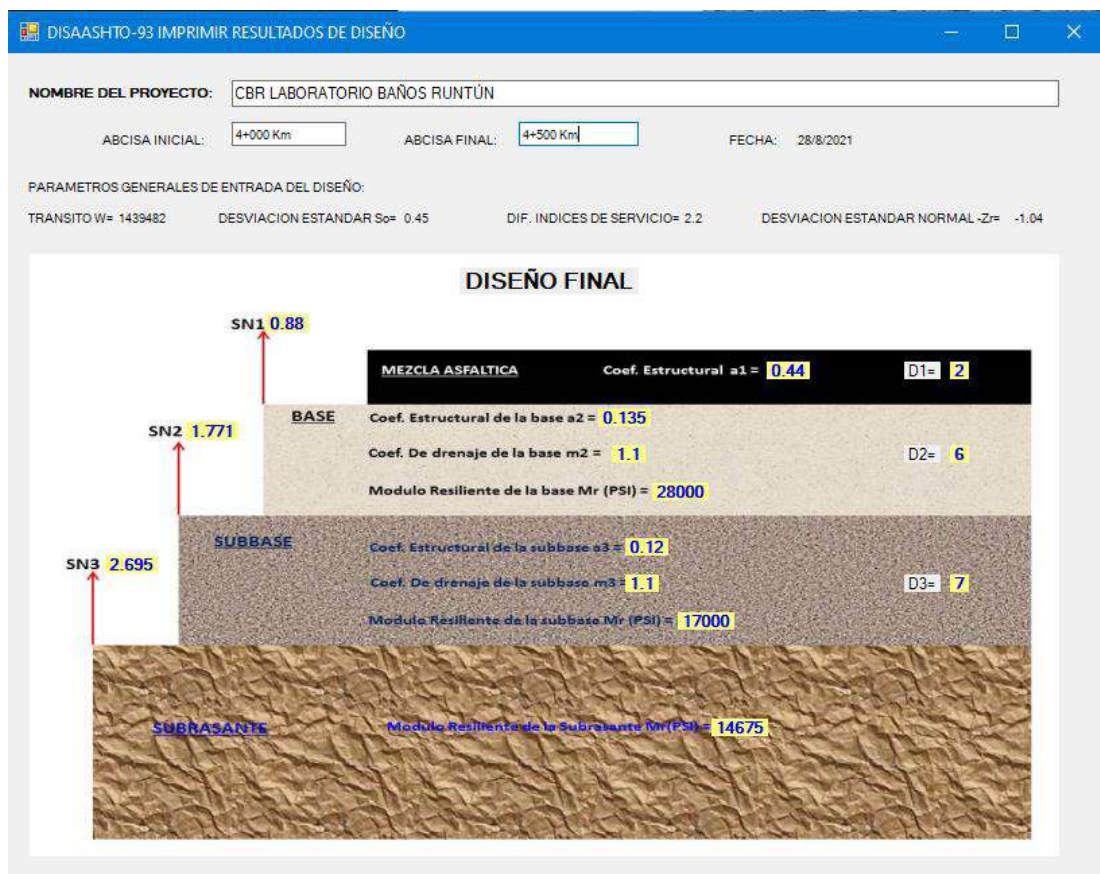
Se obtiene valores de los espesores que conforman la estructura del pavimento (D1, D2, D3), dichos resultados se obtienen en pulgadas. Para las advertencias que asoma en los resultados del programa DISAASHTO93 cabe recalcar que el espesor de la subbase (D3) compensa a los espesores D1 y D2 pertenecientes a carpeta asfáltica y base respectivamente. Obteniendo los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 36. Tamaño de Espesor de las capas del Primer Diseño de Pavimento

ESPESOR	Pulgadas	Centímetros
D1	2	5.00
D2	6	15.00
D3	7	17.78

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Figura 45. Diseño Final del primer diseño de estructura de pavimento



Para saber si la estructura de pavimento flexible se encuentra con un buen diseño se debe cumplir la siguiente ecuación.

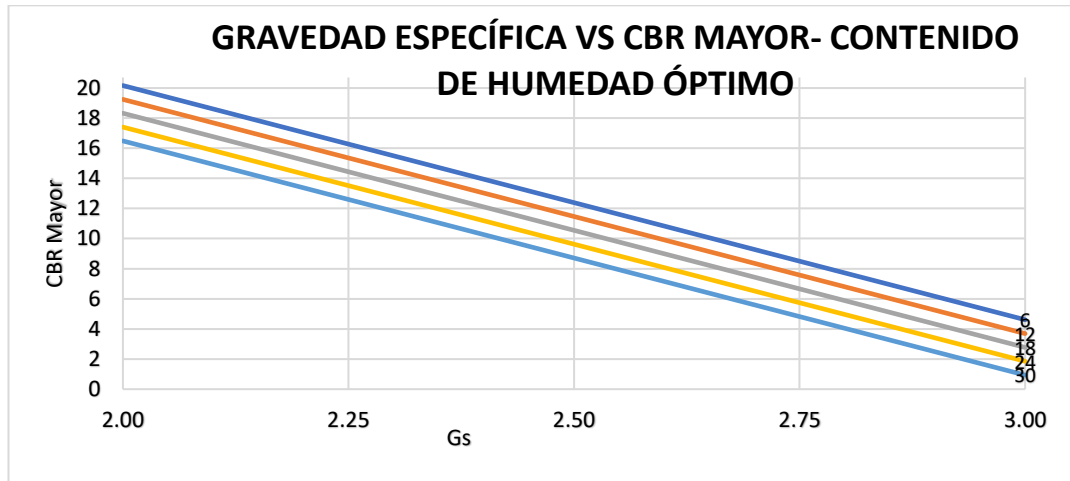
$$SN \geq SN_{Req}$$

$$2.695 \geq 2.67$$

DISEÑO SI CUMPLE

DISEÑO PAVIMENTO FLEXIBLE CON CBR DE LA CORRELACIÓN N°18

GRAVEDAD ESPECÍFICA VS CBR MAYOR- CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO



ECUACIÓN:

$$\text{CBR Mayor} = 52.0606 - 15.5273 G_s - 0.1505 W_{\text{ópt}} (\%)$$

Número de muestras: 10

Coefficiente (R2): 73.20%

Tendencia: Lineal

De la siguiente correlación se obtiene un valor de CBR igual a 13. Tomando en cuenta los valores de 2.27 como GS (gr/cm³) y un contenido de humedad óptimo de 26.80 gr/cm³ pertenecientes a la muestra 2 de la vía Baños Runtun.

MÓDULO DE RESILIENCIA, SUBRASANTE

Para obtener el Mr, se utilizará un CBR de correlación igual a 13.

Como el valor de CBR es menor a 20% se utiliza la fórmula de la ecuación N.º 12

$$M_r = 3000 * \text{CBR}^{0.65}$$

$$M_r = 3000 * 13^{0.65}$$

Mr = 15892 PSI

Mr = 15.892 KSI

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON PROGRAMA DISAASHTO-93

Figura 46. Cálculo de Número Estructural (SN) Segundo diseño

DISAASHTO93 - CALCULAR SN

FORMULARIO DE ENTRADA PARA CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL SN

$$\text{LOG}(W) = ZR * S_o + 9.36 * \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{4.2 - 1.5}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}}\right)}{1094} + 2.32 * \text{Log}(MR) - 8.07$$

DATOS DE ENTRADA

TRANSITO W(8.2) DESVIACION ESTANDAR TOTAL (So)

MODULO RESILIENTE (PSI) DIF. INDICES DE SERVIC. (ΔPSI)

DESVIACION ESTANDAR NORMAL (-ZR)

NUMERO ESTRUCTURAL (SN) =

El resultado de Número Estructural (SN) es igual a 2.61

Cálculo de Espesores

De acuerdo con los valores que se obtuvo con el anterior programa, se colocará en el programa DISAASHTO-93 para obtener los valores de los espesores (D1, D2, D3) en pulgadas.

Los valores de los Módulos Resilientes deben colocarse en PSI

Tabla 37. Datos para Ingresar al software DISAASHTO-93

DATOS POR INTRODUCIR	
W18	1439482
So	0.45
ΔPSI	2.2
-Zr	-1.04
a1	0.44
a2	0.135
Mr BASE	28000
a3	0.12
Mr Subbase	17000
Mr Subrasante	15717
m1	1.1
m2	1.1

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Figura 47. Datos Ingresados a software DISAASHTO93

The screenshot shows the DISAASHTO-93 software interface with the following sections:

- MENU**: DISAASHTO-93 - DISEÑO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO
- DATOS GENERALES**:
 - TRANSITO EE(8.2 Ton): W= 1439482
 - DESVIACION ESTANDAR TOTAL: So= 0.45
 - DIF. INDICES DE SERVICIO: (Δ PSI)= 2.2
 - DESVIACION ESTANDAR NORMAL: -ZR= -1.04
- DATOS ESPECIFICOS POR CAPA**:
 - MEZCLA ASFALTICA: Coeficiente estructural a1 = 0.44
 - BASE GRANULAR: Coeficiente estructural a2 = 0.135, Coeficiente de drenaje m2 = 1.1, Modulo resiliente en PSI = 28000
 - SUBBASE: Coeficiente estructural a3 = 0.12, Coeficiente de drenaje m3 = 1.1, Modulo resiliente en PSI = 17000
 - SUBRASANTE: Modulo resiliente en PSI = 15717
- RESULTADOS**:
 - NUMEROS ESTRUCTURALES CALCULADOS: SN1 = 2.1, SN2 = 2.52, SN3 = 2.6
 - ESPOSORES INICIALES CALCULADOS: D1(i)= 4.773, D2(i)= 11.044, D3(i)= 6.28
 - ESPEJOR D1**:
 - CALCULO DE D1: D1 = SN1/a1 = 4.773
 - VERIFICACION DE D1: D1* = 2
 - CALCULO DE SN1*: SN1* = a1 x D1* = 0.88 (NO CUMPLE, CAMBIE D1* Y RECALCULE)
 - RECALCULAR D1
 - ESPEJOR D2**:
 - CALCULO DE D2: D2 = (SN2-SN1*)/a2 x m2 = 11.044
 - VERIFICACION DE D2: D2* = 6
 - CALCULO DE SN2*: SN2* = a2 x m2 x D2* + SN1* = 1.771 (NO CUMPLE, CAMBIE D2*)
 - RECALCULAR D2
 - ESPEJOR D3**:
 - CALCULO DE D3: D3 = SN3-(SN2*+SN1*)/a3 x m3 = 6.28
 - VERIFICACION DE D3: D3* = 7
 - CALCULO DE SN3*: SN3* = a3 x m3 x D3* + SN1*+SN2* = 2.695 (CUMPLE OK)
 - RECALCULAR D3

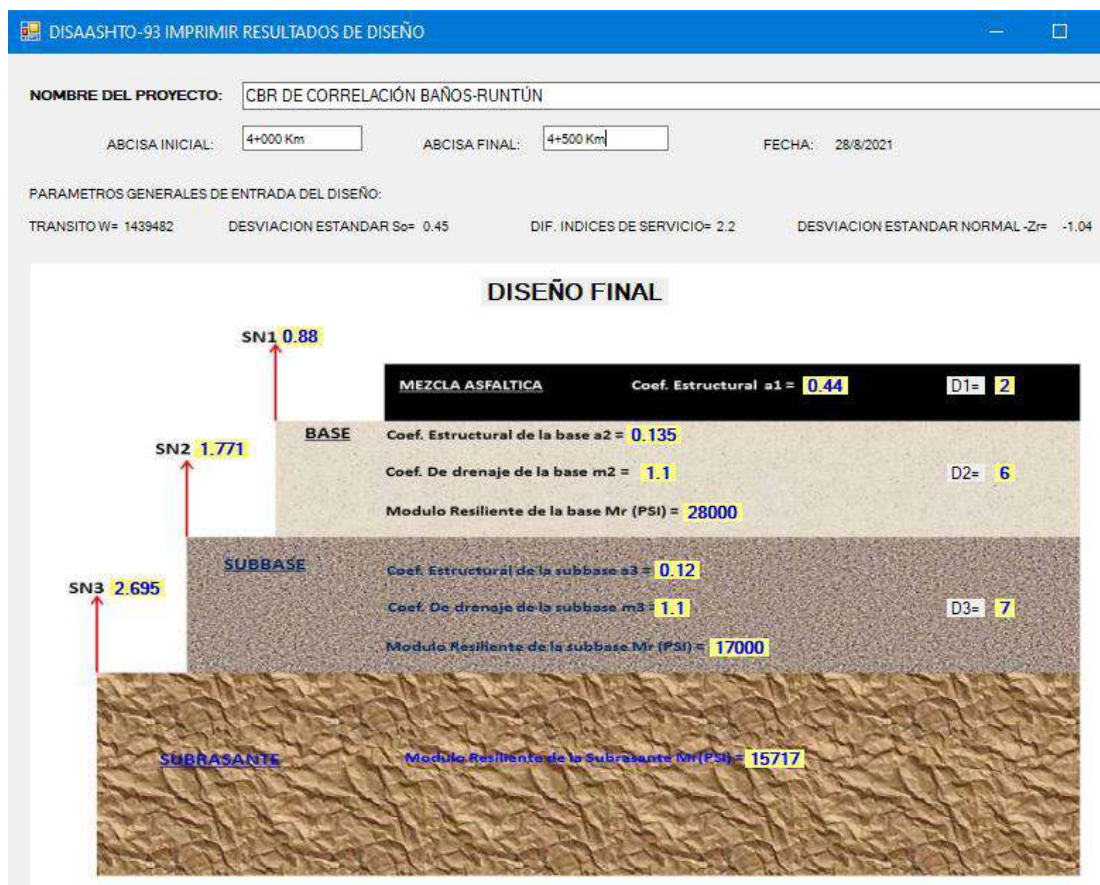
Se obtiene valores de los espesores que conforman la estructura del pavimento (D1, D2, D3), dichos resultados se obtienen en pulgadas. Para las advertencias que asoma en los resultados del programa DISAASHTO93 cabe recalcar que el espesor de la subbase (D3) compensa a los espesores D1 y D2 pertenecientes a carpeta asfáltica y base respectivamente. Obteniendo los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 38. Tabla de los espesores del segundo diseño de pavimento

ESPESOR	Pulgadas	Centímetros
D1	2	5.00
D2	6	15.00
D3	7	17.78

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Figura 48. Diseño final del segundo diseño de pavimento



El espesor de la subbase (D3) compensa a los espesores D1 y D2 pertenecientes a carpeta asfáltica y base respectivamente.

Para saber si la estructura de pavimento flexible se encuentra con un buen diseño se debe cumplir la siguiente ecuación

$$SN \geq SN_{Req}$$

$$2.695 \geq 2.61$$

DISEÑO SI CUMPLE

3.4. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

a. HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Si existe correlación entre el CBR, DCP y las propiedades índice y mecánicas para los suelos de la parroquia Baños de Agua Santa y Lligua del Cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua, Ecuador

b. HIPÓTESIS NULA

No se puede establecer una correlación entre el CBR, DCP y las propiedades índice y mecánicas para los suelos de la parroquia Baños de Agua Santa y Lligua del Cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua, Ecuador.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Se determinó que el valor de porcentaje de límite líquido oscila entre el 13.42% y 51.39% dando un promedio de 38.20% mientras que el límite plástico se encuentra entre el 11.99% y 47.15%, obteniendo un promedio de 30.99%, de igual forma en el índice plástico se obtiene valores negativos y un valor máximo de 18.70 % dando como promedio el 7.39%.
- Se determinó que las muestras de suelos pertenecientes a la vía Lligua-Pondoá no poseen plasticidad debido a que el LÍMITE Plástico es mayor al Límite líquido dando un índice de plasticidad negativo, por lo que la muestra 9 y muestra 10 de este proyecto son considerados como suelos No Plásticos.
- Los suelos según la clasificación SUCS que predominan en las parroquias estudiadas son SM de igual forma se obtiene suelos tipo SC, SW, SM No plástico. Mientras que la zonificación de las muestras que se estudió acorde a la clasificación de la AASHTO da como resultados los siguientes tipos de suelo A-2-7, A-5, A-2-5, A-1-a, A-2-6, A-3, A-2-4. Se determinó que, a pesar de encontrarse en el mismo cantón, existe una gran variedad de tipos suelos.
- Se realizaron 22 correlaciones de dos y tres variables entre las propiedades índice-mecánicas y ensayos de CBR, obteniendo coeficientes de determinación aceptables, es decir superiores al 50%.
- Se obtuvo un total de 17 correlaciones entre tres variables donde el mayor coeficiente de determinación tuvo un valor de 88.23%, Correlación N°6 (HUMEDAD NATURAL VS. CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO-LÍMITE PLÁSTICO), mientras que cinco correlaciones fueron de dos variables, obteniendo $r^2=96.88\%$ perteneciente a la Correlación N°5 (DENSIDAD SECA MÁXIMA VS. RELACIÓN DE VACÍOS), siendo ésta el mayor coeficiente de determinación en las correlaciones.

- Se concluye que el coeficiente de determinación disminuye al momento de tener dos muestras de suelo sin plasticidad como muestra la Correlación N°1 Límite Líquido vs Límite Plástico con un valor de R2 del 76.14%.
- Se determinó que en las 22 correlaciones se obtuvo ecuaciones de diferentes tipos, predominando las tendencias logarítmicas, exponenciales y polinómicas de segundo grado, con 6 correlaciones cada una y cuatro ecuaciones lineales de las cuales se determina que, para obtener un mejor coeficiente de determinación en las correlaciones, el número de muestras de las propiedades debe disminuir, es decir ambas son inversamente proporcionales entre sí.
- Se realizó dos diseños de pavimentos, con dos resultados de CBR de la misma muestra de suelo, la primera, con un CBR real obteniendo un porcentaje de 11.5 perteneciente a la vía donde se realizó los estudios de TPDA, mientras que el segundo diseño fue realizado con un valor CBR calculado, es decir, el 12.78% obtenido de la Correlación N°18 entre la Gravedad específica vs CBR mayor- contenido de humedad óptimo.
- Se realizó el cálculo de Número estructural (SN) obteniendo valores de 2.67 y de 2.61, para dicho cálculo se desarrolló en el programa “DISAASHTO93” y ambos valores no difieren en mucho en los dos diseños, las capas de la estructura de pavimento vienen a ser el mismo, dando como resultado, un espesor para la base de 5.0 cm, para subbase de 15 cm y la subrasante de 17.87 cm.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener cuidado con las herramientas, equipos y utilizar tanto el Equipo de Protección Personal (EPP) como el Equipo de Protección Colectiva (EPC) para disminuir el riesgo al momento de realizar las calicatas y el ensayo de campo.
- Es recomendable trasladarse con fundas herméticas para la recolección de la muestra para no tener alteraciones al momento de realizar el ensayo de laboratorio.
- Realizar los diferentes ensayos en campo como en laboratorio de acuerdo con las normativas para poder obtener resultados que se acerquen a la teoría presentes en esta.
- Trabajar con valores que no se acerquen al 50 % de R^2 para tener un resultado que se acerquen a la realidad.
- En el caso de tener valores inferiores al % de $R^2 = 50$ es recomendado descartar los valores que no se encuentren cerca de la línea de tendencia para poder aumentar dicho porcentaje.
- Para la utilización de dichos valores de correlaciones es recomendado emplear los resultados en suelos que tengan la misma similitud.
- Se debe considerar que los espesores de capa de subbase y base sean mayores, para en un futuro tener una mejor accesibilidad en costos al momento de reparaciones.
- Es recomendable revisar las normas AASHTO-93 antes de realizar la estructura de pavimento flexible, para no tener ningún inconveniente al momento de utilizar el software DISAASHTO93 con la finalidad de no tener valores de espesores grandes.
- Se recomienda no utilizar valores demasiados altos en los espesores (D1, D2) del programa DISAASHTO93 y compensarlo con el espesor D3 para posteriormente verificar el diseño sí se encuentra bien realizado con la ecuación $SN \geq SN \text{ Req.}$

- Es necesario ampliar los ensayos a nivel nacional para poder actualizar la base de datos de los diferentes suelos para aplicar en el área de la construcción vial.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, PAVIMENTOS, Buenos Aires.
- [2] F. Gebremariam y A. Alemgena, «PREDICTION OF CBR USING. DCP FOR LOCAL SUBGRADE MATERIALS,» Mombasa, 2016.
- [3] V. Umpiérrez, P. Sanchez, F. Lara y A. Casares, «Experiencias en la Aplicación de Metodologías al Control de Obra y la Evaluación Estructural de Pavimentos,» FING., Montevideo, -.
- [4] H. . F. Torres Merino, J. A. Castillo Morejón, L. H. Mena Garzón y D. P. Guerrero Cuasapaz, «Correlación entre el penetrómetro dinámico de cono y la relación de soporte de California en campo para el suelo de sub-rasante de la vía Portoviejo-Manta,» Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Lara, 2019.
- [5] W. Araujo, «ECUACIONES DE CORRELACIÓN DEL CBR CON PROPIEDADES ÍNDICE DE SUELOS PARA LA CIUDAD DE PIURA,» -, Piura, 2014.
- [6] M. Herrera-Montealegre, DETERMINACIÓN DEL MÓDULO RESILIENTE DE DISEÑO DE PAVIMENTOS MEDIANTE CRITERIOS AASHTO 1993 Y 2002, LIMA: -, 2014.
- [7] J. Castillo Morejón, «CORRELACIÓN ENTRE EL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN CAMPO PARA EL SUELO DE SUBRASANTE DE LA VÍA PORTOVIEJO-MANTA,» Quito, 2019.
- [8] F. Viscarra, «Strong correlation between the laboratory dynamic CBR and the compaction characteristics of sandy soil,» Int. J. Geo-EngineerIng., 2019.
- [9] P. Muchinsky, «ESTIMACION DEL VALOR DE CBR USANDO PENETRÓMETRO DE CONO DINÁMICO,» Organ Psychool, -, 2012.
- [10] S. Angelone y T. Garibay, «TIPOS DE SUELOS: CARACTERÍSTICAS TACTO VISUALES,» 2014.
- [11] UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN, «CRITERIOS ESTRUCTURALES,» -, San Nicolás de los Garza, -.
- [12] L. G. Cruz Velasco, «TIPOS DE SUELOS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA MECÁNICA DE SUELOS,» UNIVERSIDAD DEL CAUCA, Cauca, -.
- [13] C. Zebrowski, «LOS SUELOS CON CANGAHUA EN EL ECUADOR,» Quito, 1996.

- [14] «FUNDAMENTOS DE MECÁNICA DE SUELOS,» 2016.
- [15] C. A. Chacón Pérez, C. A. Ordoñez Laverde y L. F. Váron Rueda, «CLASIFICACIÓN DE LA FRACCIÓN FINA DE MATERIALES PROVENIENTES DE CANTERAS ALEDAÑAS A BOGOTÁ, A PARTIR DE SU VALOR DE AZULDE METILENO Y SU RELACIÓN CON LA CLASIFICACIÓN POR EL SISTEMA UNIFICADO Y AASHTO,» UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, Bogotá, 2016.
- [16] L. Borselli, «GEOTECNIA I,» UASLP, San Luis Potosí, 2019.
- [17] C. Crespo Villalaz, «MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES,» México, 2014.
- [18] W. Rodriguez, «PROPIEDADES ÍNDICE DE LOS SUELOS,» -, -, -.
- [19] G. D. Escobar y E. C. Escobar, «MECÁNICA DE LOS SUELOS,» -, Manizales, 2002.
- [20] C. García, J. M. Saval, F. Baeza y A. J. Tenza, «GRANULOMETRÍA I DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DE UN ARIDO,» UNIVERSIDAD DE ALICANTE, Alicante, 2008-2009.
- [21] UNIVERSIDAD DE PIURA, «APUNTES DEL CURSO DE MECÁNICA DE SUELOS,» UDEP, Piura.
- [22] UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, «MEDICIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO,» ULACIVIL, -, 2016.
- [23] Universidad Mayor de San Simón, «PAVIMENTOS TEXTO GUÍA,» FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA, Cochabamba, 2004.
- [24] F. L. Castaño Martínez, J. M. Herrera Betín, J. Gómez Saenz y F. A. Reyes Liscano, «Análisis cualitativo del flujo de agua de infiltración para el control del drenaje de una estructura de pavimento flexible en la ciudad de Bogotá D.C.,» Bogotá, 2012.
- [25] C. Laguna, «CORRELACIÓN Y REGRESIÓN LINEAL,» INSTITUTO ARAGONES DE CIENCIAS DE LA SALUD, Zaragoza.

ANEXOS

a. Tablas de Resultados

Tabla 39. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA					
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	BAÑOS RUNTÚN		PROFUNDIDAD	50 cm	
MUESTRA	1		COORDENADAS	787271.53 m E 9843930.73 m S	
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58					
TAMIZ	mm	W retenido (gr)	W ret. Acumulado (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
# 4	4.76	27.00	27.00	9.02	90.98
# 8	2.38	14.00	41	13.69	86.31
# 10	2	3.20	44.2	14.76	85.24
# 16	1.19	8.60	52.8	17.63	82.37
# 30	0.595	13.87	66.67	22.27	77.73
# 40	0.42	11.87	78.54	26.23	73.77
# 50	0.297	21.39	99.93	33.37	66.63
# 60	0.25	9.91	109.84	36.68	63.32
# 100	0.149	46.40	156.24	52.18	47.82
# 200	0.074	38.90	195.14	65.17	34.83
FUENTE		103.93	299.07	99.88	0.12
TOTAL		195.14			
Peso retenido seco					299.43
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO REC + S . H	261.43		PESO TOTAL MUESTRA S.H	425.71	
PESO REC + S . S	199.7		PESO TOTAL MUESTRA S.S	299.43	
PESO REC	53.33				
PESO AGUA	61.73				
PESO SUELO	146.37				
W%	42.17				

COEFICIENTES DEL SUELO				
Diámetro efectivo (D10) en mm	Diámetro equiparable (D30) en mm	Diámetro dimensional (D60) en mm	Coefficiente de uniformidad (Cu)	Coefficiente de curvatura (Cc)
0.018	0.055	0.225	12.50	0.75

Tabla 40. LÍMITES DE ATTERBERG

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL	3 cm		
VÍA	BAÑOS-RUNTÚN		PROFUNDIDAD	100cm		
MUESTRA	1		COORDENADAS	787271.53 m E 9843930.73 m S		
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla		
LÍMITE LÍQUIDO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	6t	8t	12F	11F	6T	8T
Peso Recipiente + Suelo húmeda [Wm+rec]	17.05	16.77	20.55	24.17	15.99	16.84
Peso Recipiente + Suelo seco [Ws+rec]	15.25	15.05	17.74	20.06	13.05	13.21
Peso Recipiente [Rec]	11.54	11.45	11.60	11.22	5.98	5.81
Peso Agua [Ww]	1.80	1.72	2.81	4.11	2.94	3.63
Peso Suelo [Ws]	3.71	3.60	6.14	8.84	7.07	7.40
Contenido de humedad [w%]	48.52	47.78	45.77	46.49	41.58	49.05
Prom. Contenido humedad [w%]	48.15		46.13		45.32	
NÚMERO de golpes	9		20		49	
LÍMITE LÍQUIDO	46.22					
LÍMITE PLÁSTICO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	M7		E2			
Peso Recipiente [W Rec]	4.35		4.38		4.26	
Peso Recipiente + Suelo húmeda	5.32		5.36		5.12	
Peso Recipiente + Suelo seco	5.11		5.15		4.93	
Peso Agua	0.21		0.21		0.19	
Peso Suelo	0.76		0.77		0.67	
Contenido de humedad %	27.63		27.27		28.36	
LÍMITE PLÁSTICO	27.75					
IP=LL-LP	18.46					

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO		
SISTEMAS	SUCS	SM
	AASHTO	A-2-7

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 41. DENSIDAD DE CAMPO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DENSIDAD DE CAMPO				
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.				
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	BAÑOS-RUNTÚN	PROFUNDIDAD	100cm	
MUESTRA	1	COORDENADAS	787271.53 m E 9843930.73 m S	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58				
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (W_m)				
Peso de la masa del suelo + funda (gr) [W _m + Rec]				2068.86
Peso de funda (gr) [Rec]				6.60
Peso de masa del suelo (gr) [W _m = W _m +Rec-Rec]				2062.26
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE PERFORACIÓN EN EL SUELO (V_m)				
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)				4963.80
Peso final frasco + cono + arena (gr)				1213.20
Peso arena en el cono (gr) [Calibración del cono]				1606.20
Peso arena en la calicata(gr)				2144.40
Densidad de Arena de Ottawa [Calibración de arena]				1.489
Volumen de hueco V _m (cm ³)				1440.16
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD				
Recipiente N°				101
Peso recipiente + muestra húmeda (gr)				220
Peso recipiente + muestra seca (gr)				185
Peso recipiente				53.37
Peso Agua (gr) [W _ω]				35
Peso Sólidos (gr) [W _s]				131.63
ω%				26.59
PROMEDIO ω%				26.59
DETERMINACIÓN FASE DE SUELO				
			Volumen	Peso
Volumen de vacíos			V _v =	66.69
V _a =	AIRE		W _a =	31.69
V _w =	AGUA		W _w =	35.00
V _s =	SUELO		W _s =	49.67
V _m =			W _m =	116.36
				166.63
DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE ÍNDICE DE SUELO				
Peso Volumétrico del suelo (γ _m)			1.43	gr/cm ³
Densidad seca (γ _d)			1.13	gr/cm ³
Contenido de humedad			26.59	%
Relación de vacíos			1.34	natural
Porosidad			57.31	%
Grado de saturación del agua			52.48	%
Grado de saturación el aire			47.52	%

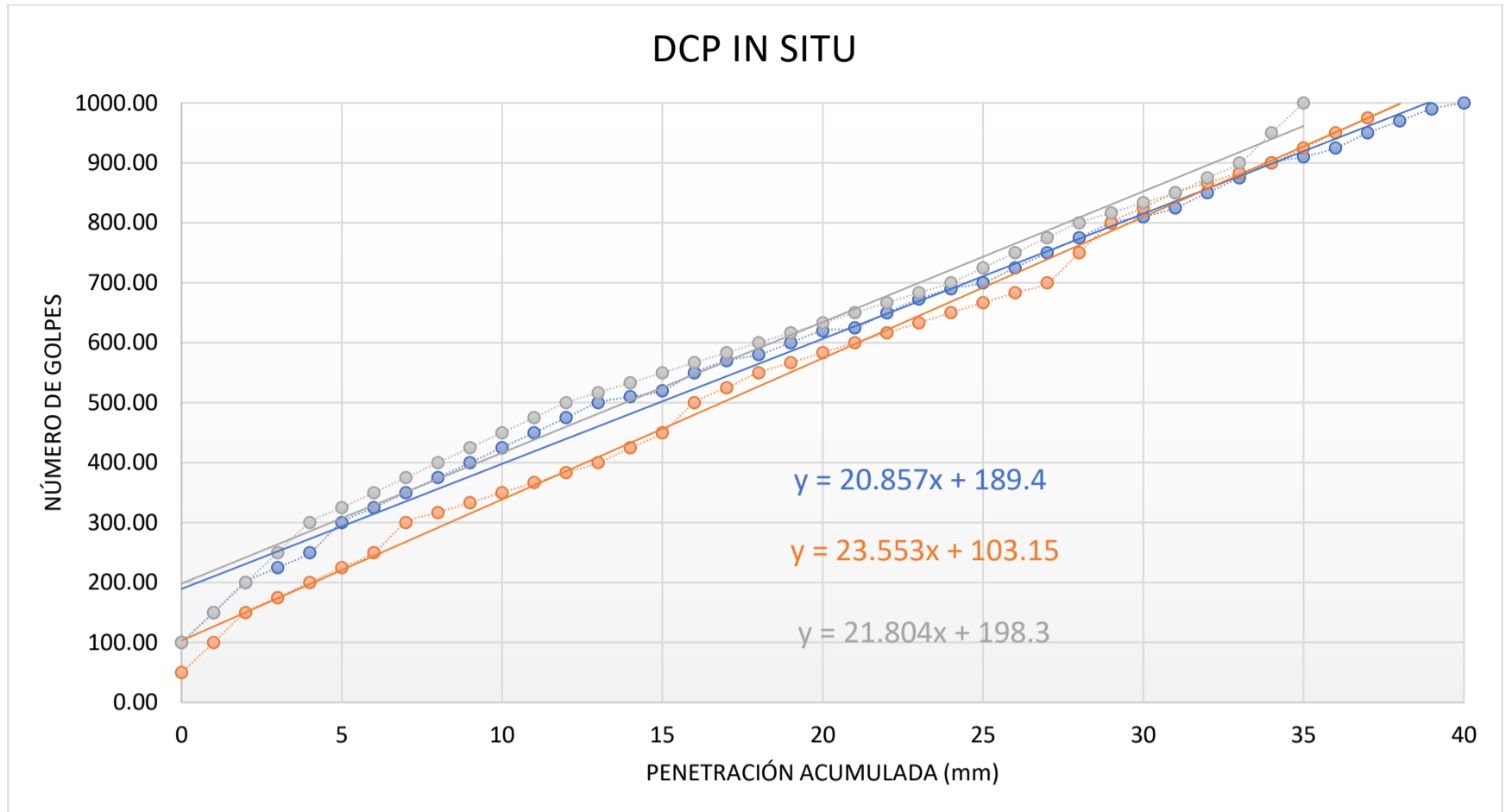
Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 42. DCP IN SITU

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP IN SITU			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	BAÑOS-RUNTÚN	PROFUNDIDAD	100cm
MUESTRA	1	COORDENADAS	787271.53 m E 9843930.73 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	ING. FAVIO PORTILLA
NORMA: ASTM D 6951-03			
NÚMERO DE GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	100.00	50.00	100.00
1	150.00	100.00	150.00
2	200.00	150.00	200.00
3	225.00	175.00	250.00
4	250.00	200.00	300.00
5	300.00	225.00	325.00
6	325.00	250.00	350.00
7	350.00	300.00	375.00
8	375.00	316.67	400.00
9	400.00	333.34	425.00
10	425.00	350.01	450.00
11	450.00	366.68	475.00
12	475.00	383.35	500.00
13	500.00	400.02	516.67
14	510.00	425.02	533.34
15	520.00	450.02	550.01
16	550.00	500.00	566.68
17	570.00	525.00	583.35
18	580.00	550.00	600.02
19	600.00	566.67	616.69
20	620.00	583.34	633.36
21	625.00	600.01	650.03
22	650.00	616.68	666.70
23	673.00	633.35	683.37
24	690.00	650.02	700.04
25	700.00	666.69	725.04
26	725.00	683.36	750.04
27	750.00	700.03	775.04
28	775.00	750.00	800.04
29	800.00	800.00	816.71
30	810.00	825.00	833.38
31	825.00	850.00	850.05
32	850.00	866.67	875.05
33	875.00	883.34	900.05
34	900.00	900.01	950.00
35	910.00	925.01	1000.00
36	925.00	950.01	
37	950.00	975.01	
38	970.00	1000.01	
39	990.00		
40	1000.00		
DN (mm/ golpe)	20.857	23.553	21.804
DN PROMEDIO (mm/golpe)	22.07		

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Figura 49. DCP IN SITU



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 43. GRAVEDAD ESPECÍFICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	BAÑOS-RUNTÚN	PROFUNDIDAD	100cm
MUESTRA	1	COORDENADAS	787271.53 m E 9843930.73 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR	Ing. Favio Portilla
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58			
Picnómetro N°		ISO 06-14	
Temperatura agua + suelo		31.50	
Recipiente		F4	
Peso Recipiente + suelo seco		177.80	
Peso del Recipiente [Wr]		127.80	
Peso Suelo seco [Ws]		50.00	
Peso Picnómetro + agua [Wbw]		345.30	
Ws+Wbw		395.30	
Peso Picnómetro + agua + suelo [Wbws]		374.30	
Deslizamiento de agua [Ws+Wbw]-Wbws		21.00	
Factor correlación por temperatura		0.99525	
Gravedad Específica		2.37	

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 44. PROCTOR MODIFICADO

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 Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA:	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA VEGETAL:	3 cm					
VÍA:	BAÑOS-RUNTÚN	PROFUNDIDAD:	100cm					
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	787271.53 m E 9843930.73 m S					
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	Ing. Favio Portilla					
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860								
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)	5440			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm3)	2114			
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180	ASTM D1557	INEN	860		
Peso Inicial Deseado	5000	5000	5000	5000	5000			
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial Añadida en cc	0	150	300	450				
Humedad inicial Añadida en %	-	-	-	-				
P. molde + suelo húmedo (gr)	8828.60	9113.40	9135.00	9080.40				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3388.60	3673.40	3695.00	3640.40				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm3)	1.60	1.74	1.75	1.72				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente Número	2F	2F	D-8	D-9	M-1	M-2	M-3	M-4
Peso del Recipiente Wr	47.23	48.36	53.37	54.50	41.91	43.04	46.93	48.06
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	177.07	178.20	220.10	221.23	207.52	208.65	172.53	173.66
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	153.12	154.25	185.00	182.13	169.33	170.46	140.35	141.48
Peso sólidos Ws	105.89	105.89	131.63	127.64	127.42	127.42	93.42	93.42
Peso del agua Ww	23.95	23.95	35.10	39.10	38.19	38.19	32.18	32.18
Contenido de Humedad w%	22.62	22.62	26.67	30.63	29.97	29.97	34.45	34.45
Promedio Contenido de Humedad w%	22.62		28.65		29.97		34.45	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm3)	1.307		1.351		1.345		1.281	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
CURVA DE COMPACTACIÓN								
DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm3)	1.352	Gc %	83.7	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	28.1			

Tabla 45. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL		3 cm	
VÍA	BAÑOS-RUNTÚN		PROF.		100cm	
MUESTRA	1		COOR.		787271.53 m E 9843930.73 m S	
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA		REVISADO POR:		Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-180						
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO	PROCTOR MODIFICADO		PESO MARTILLO		15535	
PESO MUESTRA	5000		ALTURA CAÍDA		2316.7	
Contenido de Humedad óptimo [w% OPTIMO]	29.1		Densidad seca máxima [gr/cm3]		1.352	
ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
Molde	7		8		9	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		27		11	
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Número de molde	7		8		9	
Peso húmedo + molde [gr]	10117.8	10191.8	9940.6	10098.6	9705.8	9972.8
Peso Molde [gr]	6372.60	6372.60	6350.20	6350.20	6350.80	6350.80
Peso húmedo [gr]	3745.20	3819.20	3590.40	3748.40	3355.00	3622.00
Volumen de molde [cm3]	2090.1		2090.1		2090.1	
Densidad húmeda [gr/cm3]	1.792	1.827	1.718	1.793	1.605	1.733
Densidad Seca [gr/cm3]	1.381	1.256	1.297	1.275	1.225	1.191
Densidad Seca Promedio [gr/cm3]	1.319		1.286		1.208	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD						
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Recipiente Número	A-2	2-R	C8	P-5	F-5	2-F
Peso del Recipiente Wr	43.51	43.30	42.78	39.68	53.79	47.15
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	194.73	109.76	177.00	138.98	273.65	130.00
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	160.02	89.00	144.14	110.28	221.58	104.08
Peso sólidos Ws	116.51	45.70	101.36	70.60	167.79	56.93
Peso del agua Ww	34.71	20.76	32.86	28.70	52.07	25.92
Contenido de Humedad w%	29.79	45.43	32.42	40.65	31.03	45.53

ESPONJAMIENTO									
LECTURA	DIAL	1		2		3		DIAL	EXPANSIÓN
		EXPANSIÓN		EXPANSIÓN		EXPANSIÓN			
		plg.	mm	plg.	mm	plg.	mm		
ANTES	5.17	0.91	23.11	3.61	1.37	34.80	1.34	1.52	38.61
DESPUÉS	6.08			4.98			2.86		

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 46. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA																
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																
CBR: ENSAYO DE PENETRACIÓN																
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.																
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA										CAPA DE VEGETAL	3 cm				
VÍA	BAÑOS-RUNTÚN										PROFUNDIDAD	100cm				
MUESTRA	1										COORDENADAS	787271.53 m E 9843930.73 m S				
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA										REVISADO POR	Ing. Favio Portilla				
NORMA: AASHTO: T-180																
MOLDE NÚMERO			7				8				9					
			(56 GOLPES)				(27 GOLPES)				(11 GOLPES)					
TIEMPO	PENET.		Q EST. (lb/in ²)	Q LECT		PRESIONES		CBR	Q LECT		PRESIONES		Q LECT	PRESIONES		CBR
MIN	SEG	"10-3		DIAL	LEIDA	CORR.	DIAL		LEIDA	CORR.	DIAL	LEIDA		CORR.		
					lb/plg.2		%		lb/plg.2		%			lb/plg.2		%
		0		0.00	0.00			0	0.00			0.0	0.00			
0	30	25		19.50	14.33			17.9	13.15			13.4	9.84			
1	0	50		40.40	29.68			36.7	26.96			25.3	18.59			
1	30	75		70.60	51.87			60.1	44.15			37.2	27.33			
2	0	100	1000	87.80	64.50	64.50	6.5	81.30	59.73	59.73	6.0	48.1	35.34	35.34	3.53	
3	0	150		132.30	97.20			127.4	93.60			75.0	55.10			
4	0	200	15000	180.20	132.39	132.39	8.8	170.5	125.26	125.26	8.4	95.4	70.09	70.09	4.67	
5	0	250		209.30	153.77			203.9	149.80			109.9	80.74			
6	0	300		256.60	188.52			243.1	178.60			131.0	96.24			
8	0	400		313.60	230.39			300.2	220.55			154.8	113.73			
10	0	500		365.30	268.37			358.5	263.38			166.9	122.62			

PENETRACIÓN VS PRESIÓN

% CBR vs DENSIDAD SECA

DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁXIMA			% CBR		
			0,1"	0,2"	in				0.1"	0.2"	MAYOR
(56 GOLPES)	1.319	gr/cm3	6.5	8.8	%	1.352	gr/cm3	5.9	8.3	8.3	
(27 GOLPES)	1.286	gr/cm3	6.0	8.4	%	1.284	gr/cm3	5.9	8.3	8.3	
(11 GOLPES)	1.208	gr/cm3	3.5	4.7	%						

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 47. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA					
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	BAÑOS RUNTÚN		PROFUNDIDAD	50 cm	
MUESTRA	2		COORDENADAS	787829.05 m E	9844282.97 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58					
TAMIZ	mm	W retenido (gr)	W ret. Acumulado (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
# 4	4.76	13.8	13.80	3.77	96.23
# 8	2.38	12	25.8	7.05	92.95
# 10	2	3.8	29.6	8.09	91.91
# 16	1.19	15.4	45	12.30	87.70
# 30	0.595	23.4	68.4	18.69	81.31
# 40	0.42	15.6	84	22.95	77.05
# 50	0.297	23.6	107.6	29.40	70.60
# 60	0.25	10.4	118	32.24	67.76
# 100	0.149	64.6	182.6	49.89	50.11
# 200	0.074	51.6	234.2	63.99	36.01
FUENTE		131.48	365.68	99.92	0.08
TOTAL		234.20			
Peso retenido seco					365.98
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO REC + S . H	302.89		PESO TOTAL MUESTRA S.H	491.8	
PESO REC + S . S	239.04		PESO TOTAL MUESTRA S.S	365.98	
PESO REC	53.32				
PESO AGUA	63.85				
PESO SUELO	185.72				
W%	34.38				

COEFICIENTES DEL SUELO				
Diámetro efectivo (D10) en mm	Diámetro equiparable (D30) en mm	Diámetro dimensional (D60) en mm	Coefficiente de uniformidad (Cu)	Coefficiente de curvatura (Cc)
0.018	0.055	0.2	11.11	0.84

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 48. LÍMITES DE ATTERBERG

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA			CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	BAÑOS-RUNTÚN			PROFUNDIDAD	50 cm	
MUESTRA	2			COORDENADAS	787829.05 m E 9844282.97 m S	
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA			REVISADO POR	Ing. Favio Portilla	
LÍMITE LÍQUIDO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	6t	8t	12F	11F	6T	8T
Peso Recipiente + Suelo húmeda [Wm+rec]	11.86	11.43	34.84	36.86	33.9	36.4
Peso Recipiente + Suelo seco [Ws+rec]	9.21	8.84	31.1	32.32	30.43	32.02
Peso Recipiente [Rec]	4.34	4.32	23.89	23.88	23.05	23.43
Peso Agua [Ww]	2.65	2.59	3.74	4.54	3.47	4.38
Peso Suelo [Ws]	4.87	4.52	7.21	8.44	7.38	8.59
Contenido de humedad [w%]	54.41	57.30	51.87	53.79	47.02	50.99
Prom. Contenido humedad [w%]	55.86		52.83		49.00	
NÚMERO de golpes	8		21		40	
LÍMITE LÍQUIDO	51.39					
LÍMITE PLÁSTICO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	M7	E2				
Peso Recipiente [W Rec]	4.28	4.3		4.26		
Peso Recipiente + Suelo húmeda	6.25	4.88		4.82		
Peso Recipiente + Suelo seco	5.94	4.66		4.62		
Peso Agua	0.31	0.22		0.20		
Peso Suelo	1.66	0.36		0.36		
Contenido de humedad %	18.67	61.11		55.56		
LÍMITE PLÁSTICO	45.11					
IP=LL-LP	6.28					

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO		
SISTEMAS	SUCS	SM
	AASHTO	A-5

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 49. DENSIDAD DE CAMPO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
DENSIDAD DE CAMPO				
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.				
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	BAÑOS-RUNTÚN	PROFUNDIDAD	100cm	
MUESTRA	2	COORDENADAS	787829.05 m E	9844282.97 m S
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58				
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)				
Peso de la masa del suelo + funda (gr) [Wm + Rec]				1438.86
Peso de funda (gr) [Rec]				6.60
Peso de masa del suelo (gr) [Wm= Wm+Rec-Rec]				1432.26
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)				
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)				3400.60
Peso final frasco + cono + arena (gr)				448.40
Peso arena en el cono (gr) [Calibración del cono]				1606.20
Peso arena en la calicata(gr)				1346.00
Densidad de Arena de Ottawa [Calibración de arena]				1.489
Volumen de hueco Vm (cm3)				903.96
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD				
Recipiente N°		101	102	
Peso recipiente + muestra húmeda (gr)		302.89	265.09	
Peso recipiente + muestra seca (gr)		239.04	207.89	
Peso recipiente		53.32	53.32	
Peso Agua (gr) [W _ω]		63.85	57.2	
Peso Sólidos (gr) [W _s]		185.72	154.57	
ω%		34.38	37.01	
PROMEDIO ω%		35.69		
DETERMINACIÓN FASE DE SUELO				
			Volumen	Peso
Volumen de vacíos		V_v =	87.43	-
V_a =		W_a =	23.58	0.00
V_w =		W_w =	63.85	63.85
V_s =		W_s =	70.08	185.72
V_m =		W_m =	157.51	249.57
DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE ÍNDICE DE SUELO				
Peso Volumétrico del suelo (γ _m)		1.58	gr/cm3	
Densidad seca (γ _d)		1.17	gr/cm3	
Contenido de humedad		35.69	%	
Relación de vacíos		1.25	natural	
Porosidad		55.51	%	
Grado de saturación del agua		73.03	%	
Grado de saturación del aire		26.97	%	

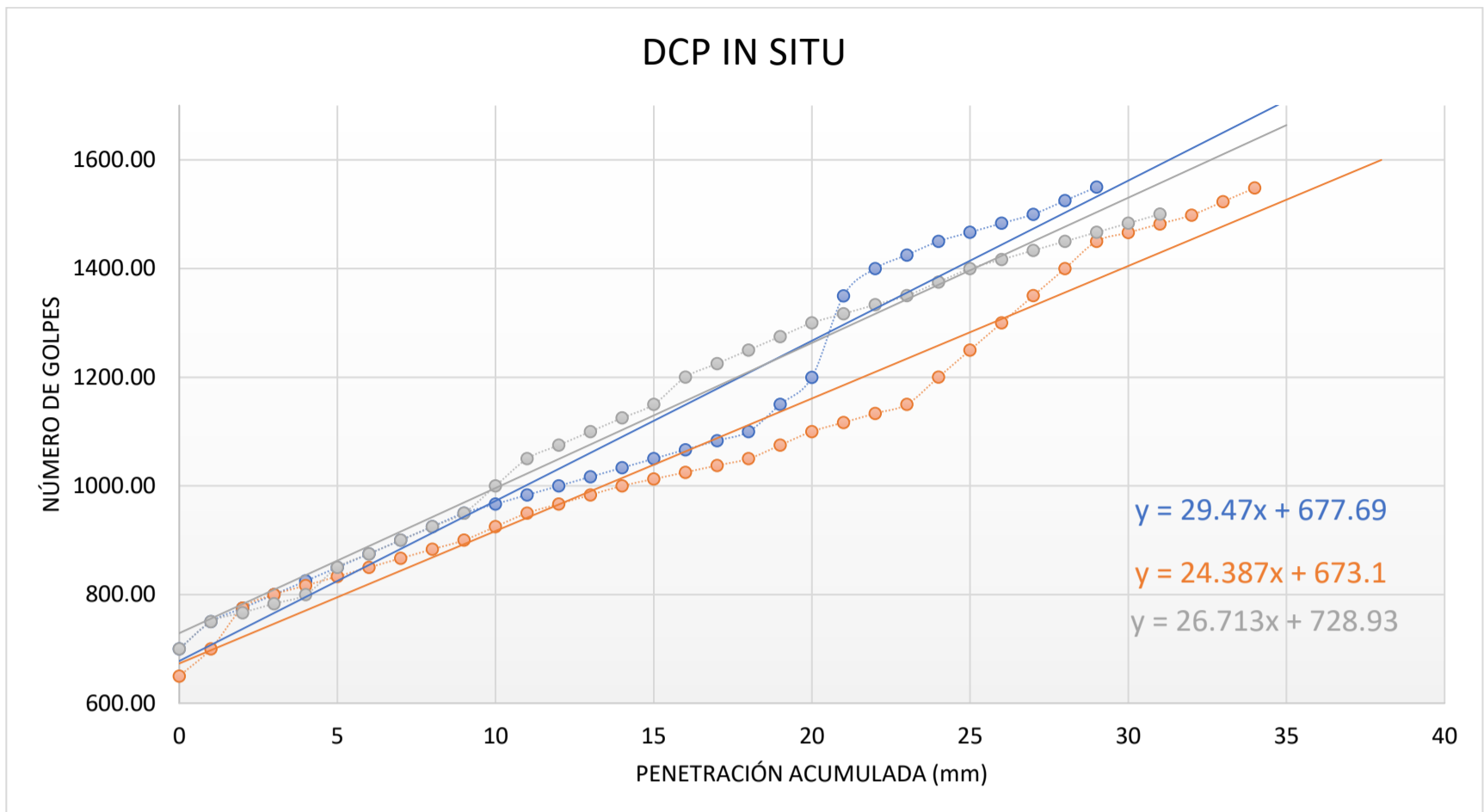
Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 50. DCP IN SITU

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP IN SITU			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	BAÑOS-RUNTÚN	PROFUNDIDAD	100cm
MUESTRA	2	COORDENADAS	787829.05 m E 9844282.97 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	ING. FAVIO PORTILLA
NORMA: ASTM D 6951-03			
NÚMERO DE GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	700.00	650.00	700.00
1	750.00	700.00	750.00
2	775.00	775.00	766.67
3	800.00	800.00	783.34
4	825.00	816.67	800.01
5	850.00	833.34	850.01
6	875.00	850.01	875.01
7	900.00	866.68	900.01
8	925.00	883.35	925.01
9	950.00	900.02	950.01
10	966.67	925.02	1000.01
11	983.34	950.02	1050.01
12	1000.01	966.69	1075.01
13	1016.68	983.36	1100.01
14	1033.35	1000.03	1125.01
15	1050.02	1012.53	1150.01
16	1066.69	1025.03	1200.01
17	1083.36	1037.53	1225.01
18	1100.03	1050.03	1250.01
19	1150.00	1075.03	1275.01
20	1200.00	1100.03	1300.01
21	1350.00	1116.70	1316.68
22	1400.00	1133.37	1333.35
23	1425.00	1150.04	1350.02
24	1450.00	1200.04	1375.02
25	1466.67	1250.04	1400.02
26	1483.34	1300.04	1416.69
27	1500.01	1350.04	1433.36
28	1525.01	1400.04	1450.03
29	1550.01	1450.04	1466.70
30		1466.11	1483.37
31		1482.18	1500.04
32		1498.25	
33		1523.25	
34		1548.25	
DN (mm/ golpe)	29.470	24.387	26.713
DN PROMEDIO (mm/golpe)		26.86	

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Figura 50. DCP IN SITU



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 51. GRAVEDAD ESPECÍFICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	BAÑOS-RUNTÚN	PROFUNDIDAD	100cm
MUESTRA	2	COORDENADAS	787829.05 m E 9844282.97 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR	Ing. Favio Portilla
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58			
Picnómetro N°			ISO 06-14
Temperatura agua + suelo			30.5
Recipiente			F4
Peso Recipiente + suelo seco			248
Peso del Recipiente [Wr]			198.6
Peso Suelo seco [Ws]			49.4
Peso Picnómetro + agua [Wbw]			345.3
Ws+Wbw			394.7
Peso Picnómetro + agua + suelo [Wbws]			373
Deslizamiento de agua [Ws+Wbw]-Wbws			21.7
Factor correlación por temperatura			0.9955
Gravedad Específica			2.266

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 52. PROCTOR MODIFICADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PROCTOR MODIFICADO-B"								
PROYECTO:		TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA:	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA VEGETAL:	3 cm					
VÍA:	BAÑOS-RUNTÚN	PROFUNDIDAD:	100cm					
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	787829.05 m E 9844282.97 m S					
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	Ing. Favio Portilla					
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860								
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)		5440		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm3)		2114		
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180	ASTM D1557	INEN 860			
Peso Inicial Deseado	5000		5000	5000		5000		
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial Añadida en cc	0	150	300	450				
Humedad inicial Añadida en %	-	-	-	-				
P. molde + suelo húmedo (gr)	8712.4	9140.4	9056.4	8941.2				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3272.40	3700.40	3616.40	3501.20				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm3)	1.55	1.75	1.71	1.66				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente Número	2F	2F	D-8	D-9	M-1	M-2	M-3	M-4
Peso del Recipiente W_r	47.25	48.38	53.32	54.45	43.94	45.07	56.51	57.64
Recipiente + suelo húmedo W_r+W_m	162.69	163.82	187.85	188.98	218.32	219.45	265.09	266.22
Recipiente + suelo seco W_s+W_m	144.09	145.22	159.44	160.57	175.58	176.71	207.89	209.02
Pesos sólidos W_s	96.84	96.84	106.12	106.12	131.64	131.64	151.38	151.38
Peso del agua W_w	18.60	18.60	28.41	28.41	42.74	42.74	57.20	57.20
Contenido de Humedad w%	19.21	19.21	26.77	26.77	32.47	32.47	37.79	37.79
Promedio Contenido de Humedad w%	19.21		26.77		32.47		37.79	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm3)	1.299		1.381		1.291		1.202	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
CURVA DE COMPACTACIÓN								
DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm3)	1.381	Gc %	84.6	HUMEDAD ÓPTIMA (%)		27		

Tabla 53. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL		3 cm	
VÍA	BAÑOS-RUNTÚN		PROF.		100cm	
MUESTRA	2		COOR.		787829.05 m E 9844282.97 m S	
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA		REVISADO POR:		Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-180						
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO	PROCTOR MODIFICADO				PESO MARTILLO	15535
PESO MUESTRA	5000				ALTURA CAÍDA	2317
Contenido de Humedad óptimo [w% OPTIMO]	27		Densidad seca máxima [gr/cm3]	1.381		
ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
Molde	12		11		10	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		27		11	
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Número de molde	12		11		10	
Peso húmedo + molde [gr]	10020.2	10223.4	9738.1	10070.5	9456	9917.6
Peso Molde [gr]	6458.4	6458.4	6431	6431	6419.6	6419.6
Peso húmedo [gr]	3561.8	3765	3307.1	3639.5	3036.4	3498
Volumen de molde [cm3]	2091.09		2091.09		2091.09	
Densidad húmeda [gr/cm3]	1.703	1.800	1.582	1.740	1.452	1.673
Densidad Seca [gr/cm3]	1.361	1.232	1.256	1.229	1.177	1.137
Densidad Seca Promedio [gr/cm3]	1.297		1.242		1.157	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD						
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Recipiente Número	M2	M3	M5		M8	M-2
Peso del Recipiente Wr	98.24	49.09	24.7	25.2	94.19	98.23
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	252.3	113.68	78.2	86.4	181.87	157.56
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	221.37	93.29	67.2	68.4	165.25	138.56
Peso sólidos Ws	123.13	44.20	42.50	43.20	71.06	40.33
Peso del agua Ww	30.93	20.39	11.00	18.00	16.62	19.00
Contenido de Humedad w%	25.12	46.13	25.88	41.67	23.39	47.11

ESPONJAMIENTO									
Molde	1			2			3		
	LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN
plg.			mm	plg.		mm	plg.		mm
ANTES	1.06	2.17	55.12	1.295	2.035	51.69	1.53	1.9	48.26
DESPUÉS	3.23			3.33			3.43		

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 54. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CBR: ENSAYO DE PENETRACIÓN																		
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.																		
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA										CAPA DE VEGETAL	3 cm						
VÍA	BAÑOS-RUNTÚN										PROFUNDIDAD	100cm						
MUESTRA	2										COORDENADAS	787829.05 m E 9844282.97 m S						
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA										REVISADO POR	Ing. Favio Portilla						
NORMA: AASHTO: T-180																		
MOLDE NÚMERO			12					11					10					
			(56 GOLPES)					(27 GOLPES)					(11 GOLPES)					
TIEMPO	PENET.		Q EST. (lb/in ²)	Q LECT	PRESIONES		CBR	Q LECT	PRESIONES		CBR	Q LECT	PRESIONES		CBR			
MIN	SEG	"10-3			DIAL	LEIDA			CORR.	DIAL			LEIDA	CORR.		DIAL	LEIDA	CORR.
						lb/plg.2				%			lb/plg.2			%		lb/plg.2
		0		0	0.00			0	0.00			0	0.00					
0	30	25		20.6	15.13			16.57	12.17			8.4	6.17					
1	0	50		47.4	34.82			23.11	16.98			15.7	11.53					
1	30	75		79.5	58.41			46.84	34.41			21.8	16.02					
2	0	100	1000	107.8	79.20	79.20	7.9	97.56	71.67	71.67	7.2	28.2	20.72	20.72	2.07			
3	0	150		182.2	133.86			125.36	92.10			43.5	31.96					
4	0	200	15000	284.7	209.16	209.16	13.9	181.26	133.17	133.17	8.9	57.6	42.32	42.32	2.82			
5	0	250		362.4	266.24			246.58	181.15			62.5	45.92					
6	0	300		426.2	313.11			302.15	221.98			71.3	52.38					
8	0	400		505.3	371.23			385.59	283.28			91.2	67.00					
10	0	500		590.2	433.60			428.25	314.62			105.3	77.36					

PENETRACIÓN VS PRESIÓN

% CBR vs DENSIDAD SECA

DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁXIMA			% CBR		
			0,1"	0,2"	in				0.1"	0.2"	MAYOR
(56 GOLPES)	1.361	gr/cm3	7.9	13.9	%	95% DSM	1.381	gr/cm3	7.4	11.5	11.5
(27 GOLPES)	1.256	gr/cm3	7.2	8.9	%						
(11 GOLPES)	1.177	gr/cm3	2.1	2.8	%						

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 55. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA					
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL	5 cm	
VÍA	BAÑOS ULBA		PROFUNDIDAD	40 cm	
MUESTRA	3		COORDENADAS	789664.01 m E 9845394.47 m S	
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58					
TAMIZ	mm	W retenido (gr)	W ret. Acumulado (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
# 4	4.76	39.4	39.40	9.91	90.09
# 8	2.38	28.2	67.6	17.00	83.00
# 10	2	7	74.6	18.76	81.24
# 16	1.19	24.6	99.2	24.95	75.05
# 30	0.595	37.4	136.6	34.36	65.64
# 40	0.42	21.6	158.2	39.79	60.21
# 50	0.297	22.6	180.8	45.48	54.52
# 60	0.25	8.8	189.6	47.69	52.31
# 100	0.149	41.8	231.4	58.21	41.79
# 200	0.074	46.2	277.6	69.83	30.17
FUENTE		119.25	396.85	99.82	0.18
TOTAL		277.60			
Peso retenido seco					397.55
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO REC + S . H	324.28		PESO TOTAL MUESTRA S.H	535.42	
PESO REC + S . S	255.32		PESO TOTAL MUESTRA S.S	397.55	
PESO REC	56.47				
PESO AGUA	68.96				
PESO SUELO	198.85				
W%	34.68				
COEFICIENTES DEL SUELO					
Diámetro efectivo (D10) en mm	Diámetro equiparable (D30) en mm	Diámetro dimensional (D60) en mm	Coefficiente de uniformidad (Cu)	Coefficiente de curvatura (Cc)	
0.023	0.074	0.41	17.83	0.58	

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 56. LÍMITES DE ATTERBERG

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL	5 cm		
VÍA	BAÑOS-ULBA		PROFUNDIDAD	40 cm		
MUESTRA	3		COORDENADAS	789664.01 m E 9845394.47 m S		
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla		
LÍMITE LÍQUIDO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	3T	4B	1-T	11-B	D-1	X-5
Peso Recipiente + Suelo húmeda [Wm+rec]	35.32	46.09	39.21	38.56	18.37	15.7
Peso Recipiente + Suelo seco [Ws+rec]	32.88	41.42	36.36	34.8	13.94	12.62
Peso Recipiente [Rec]	28.09	31.6	30.31	26.91	4.34	5.82
Peso Agua [Ww]	2.44	4.67	2.85	3.76	4.43	3.08
Peso Suelo [Ws]	4.79	9.82	6.05	7.89	9.60	6.80
Contenido de humedad [w%]	50.94	47.56	47.11	47.66	46.15	45.29
Prom. Contenido humedad [w%]	49.25		47.38		45.72	
NÚMERO de golpes	11		25		44	
LÍMITE LÍQUIDO	47.24					
LÍMITE PLÁSTICO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	E-1		E2			
Peso Recipiente [W Rec]	4.08		4.26		4.36	
Peso Recipiente + Suelo húmeda	4.78		5.12		5.55	
Peso Recipiente + Suelo seco	4.56		4.84		5.18	
Peso Agua	0.22		0.28		0.37	
Peso Suelo	0.48		0.58		0.82	
Contenido de humedad %	45.83		48.28		45.12	
LÍMITE PLÁSTICO	46.41					
IP=LL-LP			0.82			

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO		
SISTEMAS	SUCS	SM
	AASHTO	A-2-5

Tabla 57. DENSIDAD DE CAMPO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DENSIDAD DE CAMPO					
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	5 cm		
VÍA	BAÑOS-ULBA	PROFUNDIDAD	40 cm		
MUESTRA	3	COORDENADAS	789664.01 m E 9845394.47 m S		
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58					
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)					
Peso de la masa del suelo + funda (gr) [Wm + Rec]				1553.86	
Peso de funda (gr) [Rec]				6.60	
Peso de masa del suelo (gr) [Wm= Wm+Rec-Rec]				1547.26	
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)					
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)				3482.2	
Peso final frasco + cono + arena (gr)				424	
Peso arena en el cono (gr) [Calibración del cono]				1606.20	
Peso arena en la calicata(gr)				1452.00	
Densidad de Arena de Ottawa [Calibración de arena]				1.489	
Volumen de hueco Vm (cm3)				975.15	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
Recipiente N°				324.28	
Peso recipiente + muestra húmeda (gr)				324.28	
Peso recipiente + muestra seca (gr)				255.32	
Peso recipiente				56.47	
Peso Agua (gr) [W ω]				68.96	
Peso Sólidos (gr) [Ws]				198.85	
ω %				34.68	
PROMEDIO ω %				34.68	
DETERMINACIÓN FASE DE SUELO					
			Volumen	Peso	
Volumen de vacíos			Vv =	93.75	-
Va =			Wa =	24.79	0.00
Vw =			Ww =	68.96	68.96
Vs =			Ws =	75.04	198.85
Vm =			Wm =	168.79	267.81
DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE ÍNDICE DE SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ_m)			1.59	gr/cm3	
Densidad seca (γ_d)			1.18	gr/cm3	
Contenido de humedad			34.68	%	
Relación de vacíos			1.25	natural	
Porosidad			55.54	%	
Grado de saturación del agua			73.56	%	
Grado de saturación del aire			26.44	%	

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

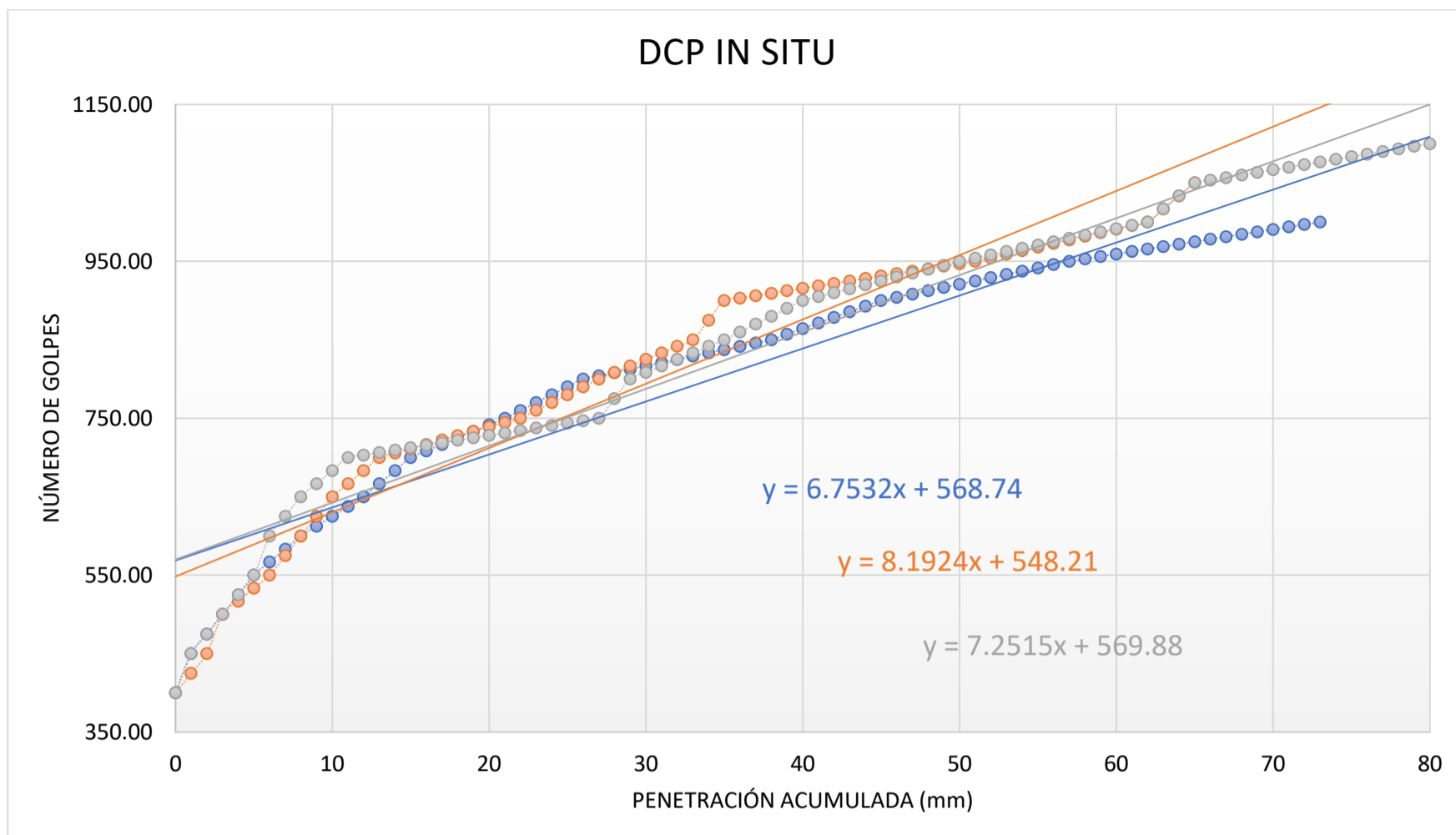
Tabla 58. DCP IN SITU

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP IN SITU			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	5 cm
VÍA	BAÑOS-ULBA	PROFUNDIDAD	40 cm
MUESTRA	3	COORDENADAS	789664.01 m E 9845394.47 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	ING. FAVIO PORTILLA
NORMA: ASTM D 6951-03			
NÚMERO DE GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	400.00	400.00	400.00
1	450.00	425.00	450.00
2	475.00	450.00	475.00
3	500.00	500.00	500.00
4	525.00	516.67	525.00
5	550.00	533.34	550.00
6	566.67	550.01	600.00
7	583.33	575.01	625.00
8	600.00	600.01	650.00
9	612.50	625.01	666.67
10	625.00	650.01	683.34
11	637.50	666.68	700.01
12	650.00	683.35	703.14
13	666.67	700.02	706.27
14	683.34	705.58	709.40
15	700.01	711.14	712.53
16	708.34	716.70	715.66
17	716.67	722.26	718.79
18	725.00	727.82	721.92
19	733.33	733.38	725.05
20	741.66	738.94	728.18
21	749.99	744.50	731.31
22	759.99	750.06	734.44
23	769.99	760.06	737.57
24	779.99	770.06	740.70
25	789.99	780.06	743.83
26	799.99	790.06	746.96
27	804.16	800.06	750.09
28	808.33	808.39	775.09
29	812.50	816.72	800.09
30	816.67	825.05	808.42
31	820.84	833.38	816.75
32	825.01	841.71	825.08
33	829.18	850.04	833.41
34	833.35	875.04	841.74
35	837.52	900.04	850.07
36	841.69	903.17	860.07
37	845.86	906.30	870.07
38	850.03	909.43	880.07
39	857.17	912.56	890.07
40	864.31	915.69	900.07
41	871.45	918.82	905.07

42	878.59	921.95	910.07
43	885.73	925.08	915.07
44	892.87	928.21	920.07
45	900.01	931.34	925.07
46	904.18	934.47	930.07
47	908.35	937.60	935.07
48	912.52	940.73	940.07
49	916.69	943.86	945.07
50	920.86	946.99	950.07
51	925.03	950.12	954.24
52	929.20	954.67	958.41
53	933.37	959.22	962.58
54	937.54	963.77	966.75
55	941.71	968.32	970.92
56	945.88	972.87	975.09
57	950.05	977.42	979.26
58	953.18	981.97	983.43
59	956.31	986.52	987.60
60	959.44	991.07	991.77
61	962.57	995.62	995.94
62	965.70	1000.17	1000.11
63	968.83	1016.84	1016.78
64	971.96	1033.51	1033.45
65	975.09	1050.18	1050.12
66	978.22		1053.45
67	981.35		1056.78
68	984.48		1060.11
69	987.61		1063.44
70	990.74		1066.77
71	993.87		1070.10
72	997.00		1073.43
73	1000.13		1076.76
74			1080.09
75			1083.42
76			1086.75
77			1090.08
78			1093.41
79			1096.74
80			1100.07
DN (mm/ golpe)	6.753	8.192	7.252
DN PROMEDIO (mm/golpe)		7.40	

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Figura 51. DCP IN SITU



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 59. GRAVEDAD ESPECÍFICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	5 cm
VÍA	BAÑOS-ULBA	PROFUNDIDAD	40 cm
MUESTRA	3	COORDENADAS	789664.01 m E 9845394.47 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR	Ing. Favio Portilla
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58			
Picnómetro N°		ISO 06-14	
Temperatura agua + suelo		31.3	
Recipiente		F4	
Peso Recipiente + suelo seco		124	
Peso del Recipiente [Wr]		76.5	
Peso Suelo seco [Ws]		47.5	
Peso Picnómetro + agua [Wbw]		345.3	
Ws+Wbw		392.8	
Peso Picnómetro + agua + suelo [Wbws]		374.38	
Deslizamiento de agua [Ws+Wbw]-Wbws		18.42	
Factor correlación por temperatura		0.99531	
Gravedad Específica		2.567	

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 60. PROCTOR MODIFICADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PROCTOR MODIFICADO-B"								
PROYECTO:	TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.							
PARROQUIA:	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA VEGETAL:	3 cm					
VÍA:	BAÑOS-ULBA	PROFUNDIDAD:	100cm					
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	789664.01 m E 9845394.47 m S					
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	Ing. Favio Portilla					
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860								
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)	5440			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm ³)	2114			
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180	ASTM D1557	INEN	860		
Peso Inicial Deseado	5000	5000	5000	5000	5000			
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial Añadida en cc	0	150	300	450				
Humedad inicial Añadida en %	-	-	-	-				
P. molde + suelo húmedo (gr)	8705.2	8932.6	9268.2	9168.2				
Peso suelo húmedo W _m (gr)	3265.20	3492.60	3828.20	3728.20				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.54	1.65	1.81	1.76				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente Número	4-A	F-5	1-P	2-P	H-2	D-7	M8	W-2
Peso del Recipiente W _r	46.58	53.74	53.02	54.15	43.37	46.42	94.12	53.27
Recipiente + suelo húmedo W _r +W _m	208.25	211.42	210.09	211.22	152.32	170.66	190.38	194.35
Recipiente + suelo seco W _s +W _m	180.71	184.71	175.83	176.96	127.29	142.18	165.1	157.96
Peso sólidos W _s	134.13	130.97	122.81	122.81	83.92	95.76	70.98	104.69
Peso del agua W _w	27.54	26.71	34.26	34.26	25.03	28.48	25.28	36.39
Contenido de Humedad w%	20.53	20.39	27.90	27.90	29.83	29.74	35.62	34.76
Promedio Contenido de Humedad w%	20.46		27.90		29.78		35.19	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1.282		1.292		1.395		1.305	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p>CURVA DE COMPACTACIÓN</p>								
DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm ³)	1.395	G _c %	84.5	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	29.8			

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 61. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL		5 cm	
VÍA	BAÑOS-ULBA		PROF.		40 cm	
MUESTRA	3		COOR.		789664.01 m E 9845394.47 m S	
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA		REVISADO POR:		Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-180						
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO	PROCTOR MODIFICADO		PESO MARTILLO		15535	
PESO MUESTRA	5000		ALTURA CAÍDA		2317	
Contenido de Humedad óptimo [w% OPTIMO]	28.5		Densidad seca máxima [gr/cm3]		1.395	
ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
Molde	12		11		10	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		27		11	
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Número de molde	12		11		10	
Peso húmedo + molde [gr]	10156	10325	9895.4	10190.6	9542.2	9958.4
Peso Molde [gr]	6458.4	6458.4	6431	6431	6419.6	6419.6
Peso húmedo [gr]	3697.6	3866.6	3464.4	3759.6	3122.6	3538.8
Volumen de molde [cm3]	2091.09		2091.09		2091.09	
Densidad húmeda [gr/cm3]	1.768	1.849	1.657	1.798	1.493	1.692
Densidad Seca [gr/cm3]	1.354	1.358	1.310	1.353	1.168	1.272
Densidad Seca Promedio [gr/cm3]	1.356		1.332		1.220	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD						
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Recipiente Número	M-1	C-5	R-5	C-7	C2	H-1
Peso del Recipiente Wr	43.28	45.84	43.04	41.73	43.26	43.21
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	159.49	215.93	186.11	191.53	208.75	263.27
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	132.24	170.73	156.18	154.46	172.65	208.62
Peso sólidos Ws	88.96	124.89	113.14	112.73	129.39	165.41
Peso del agua Ww	27.25	45.20	29.93	37.07	36.10	54.65
Contenido de Humedad w%	30.63	36.19	26.45	32.88	27.90	33.04

ESPONJAMIENTO									
Molde	1			2			3		
LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		plg.	mm		plg.	mm		plg.	mm
ANTES	2.71	0.96	24.38	1.99	1.61	40.89	2.25	2.65	67.31
DESPUÉS	3.67			3.6			4.9		

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 62. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CBR: ENSAYO DE PENETRACIÓN															
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.															
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA					CAPA DE VEGETAL					5 cm				
VÍA	BAÑOS-ULBA					PROFUNDIDAD					40 cm				
MUESTRA	3					COORDENADAS					789664.01 m E 9845394.47 m S				
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA					REVISADO POR					Ing. Favio Portilla				
NORMA: AASHTO: T-180															
MOLDE NÚMERO			12				11				10				
			(56 GOLPES)				(27 GOLPES)				(11 GOLPES)				
TIEMPO MIN	PENET.		Q EST. (lb/in ²)	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR
	SEG	"10-3			LEIDA	CORR.			LEIDA	CORR.			LEIDA	CORR.	
					lb/plg.2	%			lb/plg.2	%			lb/plg.2	%	
		0		0	0.00			0	0.00			0	0.00		
0	30	25		24.3	17.85			22.3	16.38			12.6	9.26		
1	0	50		63.4	46.58			44	32.33			21.7	15.94		
1	30	75		110.6	81.25			72.3	53.12			31.8	23.36		
2	0	100	1000	166.7	122.47	122.47	12.2	102.6	75.38	75.38	7.5	39.4	28.95	28.95	2.89
3	0	150		279.7	205.49			162.1	119.09			55	40.41		
4	0	200	15000	362.3	266.17	266.17	17.7	210.1	154.35	154.35	10.3	66.4	48.78	48.78	3.25
5	0	250		430.2	316.05			236.2	173.53			73.3	53.85		
6	0	300		499.5	366.97			275.7	202.55			82.6	60.68		
8	0	400		604.2	443.89			314.6	231.13			100.1	73.54		
10	0	500		706.4	518.97			351.2	258.01			115.4	84.78		

PENETRACIÓN VS PRESIÓN

% CBR vs DENSIDAD SECA

DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁXIMA			% CBR		
			0,1''	0,2''	in				0,1''	0,2''	MAYOR
(56 GOLPES)	1.356	gr/cm3	12.2	17.7	%	1.395	gr/cm3	7.3	9.9	9.9	
(27 GOLPES)	1.332	gr/cm3	7.5	10.3	%						
(11 GOLPES)	1.220	gr/cm3	2.9	3.3	%						
			95% DSM			1.325	gr/cm3				

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 63. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA					
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	BAÑOS ULBA		PROFUNDIDAD	50 cm	
MUESTRA	4		COORDENADAS	790121.44 m E 9845429.24 m S	
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58					
TAMIZ	mm	W retenido (gr)	W ret. Acumulado (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
# 4	4.76	53.6	53.60	13.53	86.47
# 8	2.38	33.2	86.8	21.91	78.09
# 10	2	9.2	96	24.23	75.77
# 16	1.19	27.4	123.4	31.15	68.85
# 30	0.595	37.4	160.8	40.59	59.41
# 40	0.42	21.4	182.2	45.99	54.01
# 50	0.297	22.2	204.4	51.59	48.41
# 60	0.25	8.4	212.8	53.71	46.29
# 100	0.149	41.4	254.2	64.16	35.84
# 200	0.074	47.2	301.4	76.07	23.93
FUENTE		94.79	396.19	100.00	0.00
TOTAL		301.40			
Peso retenido seco					396.19
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO REC + S . H	306.24		PESO TOTAL MUESTRA S.H	499.04	
PESO REC + S . S	252.01		PESO TOTAL MUESTRA S.S	396.19	
PESO REC	43.1				
PESO AGUA	54.23				
PESO SUELO	208.91				
W%	25.96				
COEFICIENTES DEL SUELO					
Diámetro efectivo (D10) en mm	Diámetro equiparable (D30) en mm	Diámetro dimensional (D60) en mm	Coefficiente de uniformidad (Cu)	Coefficiente de curvatura (Cc)	
0.035	0.105	0.61	17.43	0.52	

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 64. LÍMITES DE ATTERBERG

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL	3 cm		
VÍA	BAÑOS-ULBA		PROFUNDIDAD	30 cm		
MUESTRA	4		COORDENADAS	790121.44 m E 9845429.24 m S		
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla		
LÍMITE LÍQUIDO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	C2	6-A	E6	6-T	R4	D8
Peso Recipiente + Suelo húmeda [Wm+rec]	60.1	60.13	65.6	60.58	62.19	82.86
Peso Recipiente + Suelo seco [Ws+rec]	54.78	53.01	58.8	55.95	56.46	79.66
Peso Recipiente [Rec]	43.37	38.47	41.87	45.53	43.07	72.17
Peso Agua [Ww]	5.32	7.12	6.80	4.63	5.73	3.20
Peso Suelo [Ws]	11.41	14.54	16.93	10.42	13.39	7.49
Contenido de humedad [w%]	46.63	48.97	40.17	44.43	42.79	42.72
Prom. Contenido humedad [w%]	47.80		42.30		42.76	
NÚMERO de golpes	11		21		39	
LÍMITE LÍQUIDO	43.43					
LÍMITE PLÁSTICO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	P-6	X3		X-5		
Peso Recipiente [W Rec]	4.26	5.99		5.82		
Peso Recipiente + Suelo húmeda	5.71	7.76		6.9		
Peso Recipiente + Suelo seco	5.31	7.28		6.54		
Peso Agua	0.40	0.48		0.36		
Peso Suelo	1.05	1.29		0.72		
Contenido de humedad %	38.10	37.21		50.00		
LÍMITE PLÁSTICO	41.77					
IP=LL-LP			1.67			

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO		
SISTEMAS	SUCS	SM
	AASHTO	A-2-5

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 65. DENSIDAD DE CAMPO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DENSIDAD DE CAMPO				
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.				
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	BAÑOS-ULBA	PROFUNDIDAD	30 cm	
MUESTRA	4	COORDENADAS	790121.44 m E 9845429.24 m S	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58				
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)				
Peso de la masa del suelo + funda (gr) [Wm + Rec]				1388.86
Peso de funda (gr) [Rec]				6.60
Peso de masa del suelo (gr) [Wm= Wm+Rec-Rec]				1382.26
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)				
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)				3580
Peso final frasco + cono + arena (gr)				716.2
Peso arena en el cono (gr) [Calibración del cono]				1606.20
Peso arena en la calicata(gr)				1257.60
Densidad de Arena de Ottawa [Calibración de arena]				1.489
Volumen de hueco Vm (cm3)				844.59
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD				
Recipiente N°				101
Peso recipiente + muestra húmeda (gr)				127.73
Peso recipiente + muestra seca (gr)				108.07
Peso recipiente				26.97
Peso Agua (gr) [W ω]				19.66
Peso Sólidos (gr) [Ws]				81.1
ω %				24.24
PROMEDIO ω %				24.24
DETERMINACIÓN FASE DE SUELO				
			Volumen	Peso
Volumen de vacíos			Vv =	30.96
Va =			Wa =	11.30
Vw =			Ww =	19.66
Vs =			Ws =	30.60
Vm =			Wm =	61.57
				100.76
DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE ÍNDICE DE SUELO				
Peso Volumétrico del suelo (γ_m)			1.64	gr/cm3
Densidad seca (γ_d)			1.32	gr/cm3
Contenido de humedad			24.24	%
Relación de vacíos			1.01	natural
Porosidad			50.29	%
Grado de saturación del agua			63.50	%
Grado de saturación del aire			36.50	%

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 66. DCP IN SITU

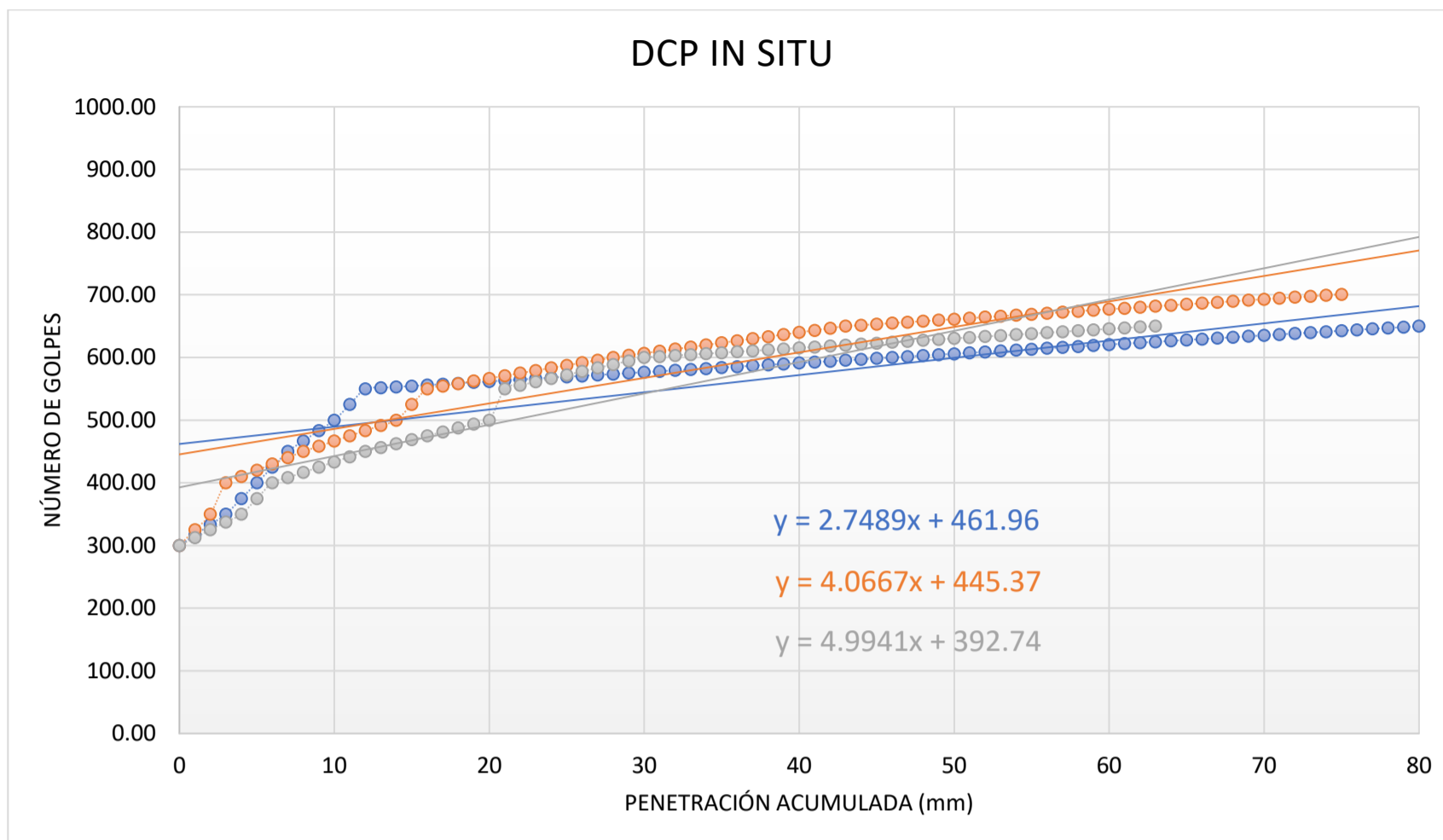
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP IN SITU			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	BAÑOS-ULBA	PROFUNDIDAD	70cm
MUESTRA	4	COORDENADAS	790121.44 m E 9845429.24 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	ING. FAVIO PORTILLA
NORMA: ASTM D 6951-03			
NÚMERO DE GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	300.00	300.00	300.00
1	316.67	325.00	312.50
2	333.34	350.00	325.00
3	350.01	400.00	337.50
4	375.01	410.00	350.00
5	400.01	420.00	375.00
6	425.01	430.00	400.00
7	450.01	440.00	408.33
8	466.68	450.00	416.66
9	483.35	458.33	424.99
10	500.02	466.66	433.32
11	525.02	474.99	441.65
12	550.02	483.32	449.98
13	551.49	491.65	456.23
14	552.96	499.98	462.48
15	554.43	524.98	468.73
16	555.90	549.98	474.98
17	557.37	554.15	481.23
18	558.84	558.32	487.48
19	560.31	562.49	493.73
20	561.78	566.66	499.98
21	563.25	570.83	549.98
22	564.72	575.00	555.54
23	566.19	579.17	561.10
24	567.66	583.34	566.66
25	569.13	587.51	572.22
26	570.60	591.68	577.78
27	572.07	595.85	583.34
28	573.54	600.02	588.90
29	575.01	603.35	594.46
30	576.48	606.68	600.02
31	577.95	610.01	601.54
32	579.42	613.34	603.06
33	580.89	616.67	604.58
34	582.36	620.00	606.10
35	583.83	623.33	607.62
36	585.30	626.66	609.14
37	586.77	629.99	610.66
38	588.24	633.32	612.18
39	589.71	636.65	613.70
40	591.18	639.98	615.22
41	592.65	643.31	616.74
42	594.12	646.64	618.26
43	595.59	649.97	619.78
44	597.06	651.56	621.30

45	598.53	653.15	622.82
46	600.00	654.74	624.34
47	601.47	656.33	625.86
48	602.94	657.92	627.38
49	604.41	659.51	628.90
50	605.88	661.10	630.42
51	607.35	662.69	631.94
52	608.82	664.28	633.46
53	610.29	665.87	634.98
54	611.76	667.46	636.50
55	613.23	669.05	638.02
56	614.70	670.64	639.54
57	616.17	672.23	641.06
58	617.64	673.82	642.58
59	619.11	675.41	644.10
60	620.58	677.00	645.62
61	622.05	678.59	647.14
62	623.52	680.18	648.66
63	624.99	681.77	650.18
64	626.46	683.36	
65	627.93	684.95	
66	629.40	686.54	
67	630.87	688.13	
68	632.34	689.72	
69	633.81	691.31	
70	635.28	692.90	
71	636.75	694.49	
72	638.22	696.08	
73	639.69	697.67	
74	641.16	699.26	
75	642.63	700.85	
76	644.10		
77	645.57		
78	647.04		
79	648.51		
80	649.98		
DN (mm/ golpe)	2.749	4.067	4.994

DN PROMEDIO (mm/golpe)	3.94
-------------------------------	-------------

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Figura 52. DCP IN SITU



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 67. GRAVEDAD ESPECÍFICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	BAÑOS-ULBA	PROFUNDIDAD	30 cm
MUESTRA	4	COORDENADAS	790121.44 m E 9845429.24 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR	Ing. Favio Portilla
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58			
Picnómetro N°		ISO 06-14	
Temperatura agua + suelo		31.1	
Recipiente		F4	
Peso Recipiente + suelo seco		125.37	
Peso del Recipiente [Wr]		75.2	
Peso Suelo seco [Ws]		50.17	
Peso Picnómetro + agua [Wbw]		345.3	
Ws+Wbw		395.47	
Peso Picnómetro + agua + suelo [Wbws]		374.98	
Deslizamiento de agua [Ws+Wbw]-Wbws		20.49	
Factor correlación por temperatura		0.99537	
Gravedad Específica		2.437	

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 68. PROCTOR MODIFICADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PROCTOR MODIFICADO-B"									
PROYECTO:		TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.							
PARROQUIA:	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA VEGETAL:	3 cm						
VÍA:	BAÑOS-ULBA	PROFUNDIDAD:	30 cm						
MUESTRA:	4	COORDENADAS:	790121.44 m E 9845429.24 m S						
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	Ing. Favio Portilla						
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860									
ESPECIFICACIONES									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)	5440				
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm ³)	2114				
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180	ASTM D1557	INEN	860			
Peso Inicial Deseado	5000	5000	5000	5000	5000				
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN									
Ensayo Número	1	2	3	4					
Humedad inicial Añadida en cc	0	150	300	450					
Humedad inicial Añadida en %	-	-	-	-					
P. molde + suelo húmedo (gr)	9443	9462	9474.4	9376.4					
Peso suelo húmedo W _m (gr)	4003.00	4022.00	4034.40	3936.40					
Peso unitario húmedo γ _m (gr/cm ³)	1.89	1.90	1.91	1.86					
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD									
Recipiente Número	C-7	2-R	11B	4B	M8	4a	d-8	H-2	
Peso del Recipiente W _r	42.02	43.79	26.97	31.59	94.13	46.63	72.19	43.4	
Recipiente + suelo húmedo W _r +W _m	142.66	143.67	127.73	132.19	199.78	166.74	221.25	149.78	
Recipiente + suelo seco W _s +W _m	124	125.15	108.07	112.57	177.93	142.05	188.77	126.56	
Peso sólidos W _s	81.98	81.36	81.10	80.98	83.80	95.42	116.58	83.16	
Peso del agua W _w	18.66	18.52	19.66	19.62	21.85	24.69	32.48	23.22	
Contenido de Humedad w%	22.76	22.76	24.24	24.23	26.07	25.88	27.86	27.92	
Promedio Contenido de Humedad w%	22.76		24.23		25.97			27.89	
Peso Volumétrico Seco γ _d (gr/cm ³)	1.542		1.557		1.515			1.456	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA									
<p>CURVA DE COMPACTACIÓN</p>									
DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm ³)	1.558	G _c %	24.5	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	24.0				

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 69. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL		3 cm	
VÍA	BAÑOS-ULBA		PROF.		30cm	
MUESTRA	4		COOR.		790121.44 m E 9845429.24 m S	
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA		REVISADO POR:		Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-180						
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO	PROCTOR MODIFICADO		PESO MARTILLO		15535	
PESO MUESTRA	5000		ALTURA CAÍDA		2316.7	
Contenido de Humedad óptimo [w% OPTIMO]	24.5		Densidad seca máxima [gr/cm3]		1.558	
ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
Molde	7		8		9	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		27		11	
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Número de molde	7		8		9	
Peso húmedo + molde [gr]	10025.4	10375.4	9968.4	10363.8	9529.8	10077
Peso Molde [gr]	6372.6	6372.6	6350.2	6350.2	6350.8	6350.8
Peso húmedo [gr]	3652.8	4002.8	3618.2	4013.6	3179	3726.2
Volumen de molde [cm3]	2090.1		2090.1		2090.1	
Densidad húmeda [gr/cm3]	1.748	1.915	1.731	1.920	1.521	1.783
Densidad Seca [gr/cm3]	1.432	1.578	1.478	1.442	1.276	1.461
Densidad Seca Promedio [gr/cm3]	1.505		1.460		1.368	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD						
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Recipiente Número	R-5	R-4	Y-1	1-P	M-1	D-8
Peso del Recipiente Wr	43.11	43.19	56.44	53.05	93.58	47.45
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	279.53	269.31	340.67	320.58	306.18	260.73
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	236.85	229.55	299.05	253.88	272	222.18
Peso sólidos Ws	193.74	186.36	242.61	200.83	178.42	174.73
Peso del agua Ww	42.68	39.76	41.62	66.70	34.18	38.55
Contenido de Humedad w%	22.03	21.34	17.16	33.21	19.16	22.06

ESPONJAMIENTO									
Molde	1			2			3		
LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		plg.	mm		plg.	mm		plg.	mm
ANTES	1.06	2.17	55.12	1.295	2.035	51.69	1.53	1.9	48.26
DESPUÉS	3.23			3.33			3.43		

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 70. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CBR: ENSAYO DE PENETRACIÓN															
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.															
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA						CAPA DE VEGETAL			3 cm					
VÍA	BAÑOS-ULBA						PROFUNDIDAD			100cm					
MUESTRA	4						COORDENADAS			790121.44 m E 9845429.24 m S					
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA						REVISADO POR			Ing. Favio Portilla					
NORMA: AASHTO: T-180															
MOLDE NÚMERO				7				8				9			
				(56 GOLPES)				(27 GOLPES)				(11 GOLPES)			
TIEMPO MIN	PENET. SEG		Q EST. (lb/in ²)	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR
	"10-3				LEIDA	CORR.			LEIDA	CORR.			LEIDA	CORR.	
					lb/plg.2		%		lb/plg.2		%		lb/plg.2		%
		0		0	0.00			0	0.00			0	0.00		
0	30	25		23.3	17.12			13.9	10.21			11.8	8.67		
1	0	50		54.1	39.75			29.7	21.82			17.8	13.08		
1	30	75		93.1	68.40			52.5	38.57			23.1	16.97		
2	0	100	1000	144.7	106.31	106.31	10.6	80	58.77	58.77	5.9	25.8	18.95	18.95	1.90
3	0	150		231.3	169.93			146.6	107.70			34.5	25.35		
4	0	200	15000	288	211.58	211.58	14.1	200.7	147.45	147.45	9.8	38.8	28.51	28.51	1.90
5	0	250		315.8	232.01			232.2	170.59			43.8	32.18		
6	0	300		355.7	261.32			274.2	201.45			49.7	36.51		
8	0	400		432.3	317.60			305.1	224.15			59.8	43.93		
10	0	500		448.8	329.72			338.8	248.91			71.7	52.68		

PENETRACIÓN VS PRESIÓN

% CBR vs DENSIDAD SECA

DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁXIMA			% CBR		
			0,1"	0,2"	in				0.1"	0.2"	MAYOR
(56 GOLPES)	1.505	gr/cm3	10.6	14.1	%	1.558	gr/cm3	7.8	11.8	11.8	
(27 GOLPES)	1.460	gr/cm3	5.9	9.8	%						
(11 GOLPES)	1.368	gr/cm3	1.9	1.9	%						

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 71. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA					
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	BAÑOS LLIGUA		PROFUNDIDAD	50 cm	
MUESTRA	5		COORDENADAS	784228.65 m E 9845941.58 m S	
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58					
TAMIZ	mm	W retenido (gr)	W ret. Acumulado (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
# 4	4.76	172.4	172.40	34.86	65.14
# 8	2.38	82	254.4	51.44	48.56
# 10	2	20	274.4	55.48	44.52
# 16	1.19	59.5	333.9	67.51	32.49
# 30	0.595	61	394.9	79.85	20.15
# 40	0.42	24.2	419.1	84.74	15.26
# 50	0.297	19.4	438.5	88.66	11.34
# 60	0.25	5.4	443.9	89.75	10.25
# 100	0.149	24.4	468.3	94.69	5.31
# 200	0.074	16	484.3	97.92	2.08
FUENTE		1	485.30	98.12	1.88
TOTAL		484.30			
Peso retenido seco					494.57
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO REC + S . H	327.85		PESO TOTAL MUESTRA S.H	574.8	
PESO REC + S . S	287.96		PESO TOTAL MUESTRA S.S	494.57	
PESO REC	42.05				
PESO AGUA	39.89				
PESO SUELO	245.91				
W%	16.22				
COEFICIENTES DEL SUELO					
Diámetro efectivo (D10) en mm	Diámetro equiparable (D30) en mm	Diámetro dimensional (D60) en mm	Coefficiente de uniformidad (Cu)	Coefficiente de curvatura (Cc)	
0.250	1.000	3.9	15.60	1.03	

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 72. LÍMITES DE ATTERBERG

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL	3 cm		
VÍA	BAÑOS-LLIGUA		PROFUNDIDAD	50 cm		
MUESTRA	5		COORDENADAS	784228.65 m E 9845941.58 m S		
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla		
LÍMITE LÍQUIDO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	133T	12-F	11B	1-D	11-F	6T
Peso Recipiente + Suelo húmeda [Wm+rec]	29.27	26.28	34.88	43.78	21.64	23.89
Peso Recipiente + Suelo seco [Ws+rec]	24.4	22.28	32.81	40.99	19.06	20.88
Peso Recipiente [Rec]	11.6	11.59	26.91	34.03	11.22	11.53
Peso Agua [Ww]	4.87	4.00	2.07	2.79	2.58	3.01
Peso Suelo [Ws]	12.80	10.69	5.90	6.96	7.84	9.35
Contenido de humedad [w%]	38.05	37.42	35.08	40.09	32.91	32.19
Prom. Contenido humedad [w%]	37.73		37.59		32.55	
NÚMERO de golpes	10		18		40	
LÍMITE LÍQUIDO	34.95					
LÍMITE PLÁSTICO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	11-A	A-7		E-2		
Peso Recipiente [W Rec]	4.22	4.35		4.35		
Peso Recipiente + Suelo húmeda	5.97	6.48		5.21		
Peso Recipiente + Suelo seco	5.58	5.95		5.01		
Peso Agua	0.39	0.53		0.20		
Peso Suelo	1.36	1.60		0.66		
Contenido de humedad %	28.68	33.13		30.30		
LÍMITE PLÁSTICO	30.70					
IP=LL-LP			4.25			

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO		
SISTEMAS	SUCS	SW
	AASHTO	A-1-a

Tabla 73. DENSIDAD DE CAMPO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DENSIDAD DE CAMPO				
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.				
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	BAÑOS-LLIGUA	PROFUNDIDAD	50 cm	
MUESTRA	5	COORDENADAS	784228.65 m E 9845941.58 m S	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58				
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)				
Peso de la masa del suelo + funda (gr) [Wm + Rec]				1696.58
Peso de funda (gr) [Rec]				6.60
Peso de masa del suelo (gr) [Wm= Wm+Rec-Rec]				1689.98
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)				
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)				3748.8
Peso final frasco + cono + arena (gr)				886
Peso arena en el cono (gr) [Calibración del cono]				1606.20
Peso arena en la calicata(gr)				1256.60
Densidad de Arena de Ottawa [Calibración de arena]				1.489
Volumen de hueco Vm (cm3)				843.92
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD				
Recipiente N°				101
Peso recipiente + muestra húmeda (gr)				338.57
Peso recipiente + muestra seca (gr)				287.96
Peso recipiente				42.05
Peso Agua (gr) [W ω]				50.61
Peso Sólidos (gr) [Ws]				245.91
ω %				20.58
PROMEDIO ω %				20.58
DETERMINACIÓN FASE DE SUELO				
			Volumen	Peso
Volumen de vacíos			Vv =	55.28
Va =			Wa =	4.67
Vw =			Ww =	50.61
Vs =			Ws =	92.80
Vm =			Wm =	148.07
				296.52
DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE ÍNDICE DE SUELO				
Peso Volumétrico del suelo (γ_m)			2.00	gr/cm3
Densidad seca (γ_d)			1.66	gr/cm3
Contenido de humedad			20.58	%
Relación de vacíos			0.60	natural
Porosidad			37.33	%
Grado de saturación del agua			91.56	%
Grado de saturación del aire			8.44	%

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 74. DCP IN SITU

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP IN SITU			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	BAÑOS-LLIGUA	PROFUNDIDAD	50cm
MUESTRA	5	COORDENADAS	784228.65 m E 9845941.58 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	ING. FAVIO PORTILLA
NORMA: ASTM D 6951-03			
NÚMERO DE GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	300.00	250.00	250.00
1	316.67	275.00	260.00
2	333.34	300.00	270.00
3	350.01	350.00	280.00
4	352.95	352.78	290.00
5	355.89	355.56	300.00
6	358.83	358.34	304.17
7	361.77	361.12	308.34
8	364.71	363.90	312.51
9	367.65	366.68	316.68
10	370.59	369.46	320.85
11	373.53	372.24	325.02
12	376.47	375.02	329.19
13	379.41	377.80	333.36
14	382.35	380.58	337.53
15	385.29	383.36	341.70
16	388.23	386.14	345.87
17	391.17	388.92	350.04
18	394.11	391.70	356.29
19	397.05	394.48	362.54
20	399.99	397.26	368.79
21	402.37	400.04	375.04
22	404.75	402.82	381.29
23	407.13	405.60	387.54
24	409.51	408.38	393.79
25	411.89	411.16	400.04
26	414.27	413.94	402.98
27	416.65	416.72	405.92
28	419.03	419.50	408.86
29	421.41	422.28	411.80
30	423.79	425.06	414.74
31	426.17	427.84	417.68
32	428.55	430.62	420.62
33	430.93	433.40	423.56
34	433.31	436.18	426.50
35	435.69	438.96	429.44
36	438.07	441.74	432.38
37	440.45	444.52	435.32
38	442.83	447.30	438.26
39	445.21	449.80	441.20
40	447.59	452.30	444.14
41	449.97	454.80	447.08
42	453.30	457.30	450.02
43	456.63	459.80	452.65
44	459.96	462.30	455.28

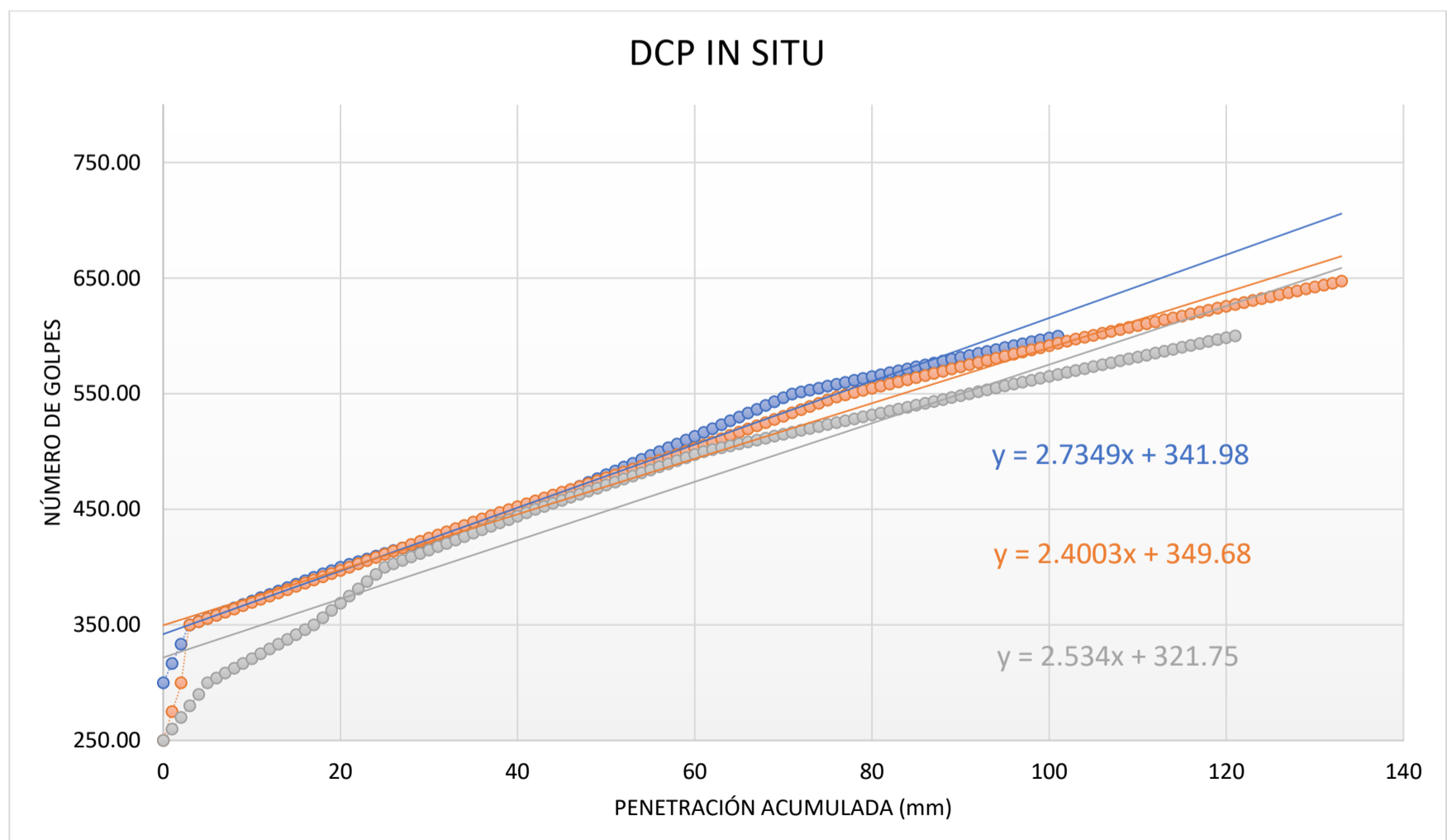
45	463.29	464.80	457.91
46	466.62	467.30	460.54
47	469.95	469.80	463.17
48	473.28	472.30	465.80
49	476.61	474.80	468.43
50	479.94	477.30	471.06
51	483.27	479.80	473.69
52	486.60	482.30	476.32
53	489.93	484.80	478.95
54	493.26	487.30	481.58
55	496.59	489.80	484.21
56	499.92	492.30	486.84
57	503.25	494.80	489.47
58	506.58	497.30	492.10
59	509.91	500.08	494.73
60	513.24	502.86	497.36
61	516.57	505.64	499.99
62	519.90	508.42	501.66
63	523.23	511.20	503.33
64	526.56	513.98	505.00
65	529.89	516.76	506.67
66	533.22	519.54	508.34
67	536.55	522.32	510.01
68	539.88	525.10	511.68
69	543.21	527.88	513.35
70	546.54	530.66	515.02
71	549.87	533.44	516.69
72	551.54	536.22	518.36
73	553.21	539.00	520.03
74	554.88	541.78	521.70
75	556.55	544.56	523.37
76	558.22	547.34	525.04
77	559.89	549.19	526.71
78	561.56	551.04	528.38
79	563.23	552.89	530.05
80	564.90	554.74	531.72
81	566.57	556.59	533.39
82	568.24	558.44	535.06
83	569.91	560.29	536.73
84	571.58	562.14	538.40
85	573.25	563.99	540.07
86	574.92	565.84	541.74
87	576.59	567.69	543.41
88	578.26	569.54	545.08
89	579.93	571.39	546.75
90	581.60	573.24	548.42
91	583.27	575.09	550.09
92	584.94	576.94	551.76
93	586.61	578.79	553.43
94	588.28	580.64	555.10
95	589.95	582.49	556.77
96	591.62	584.34	558.44
97	593.29	586.19	560.11
98	594.96	588.04	561.78
99	596.63	589.89	563.45
100	598.30	591.74	565.12
101	599.97	593.59	566.79
102		595.44	568.46
103		597.29	570.13
104		598.96	571.80
105		600.63	573.47
106		602.30	575.14
107		603.97	576.81

108		605.64	578.48
109		607.31	580.15
110		608.98	581.82
111		610.65	583.49
112		612.32	585.16
113		613.99	586.83
114		615.66	588.50
115		617.33	590.17
116		619.00	591.84
117		620.67	593.51
118		622.34	595.18
119		624.01	596.85
120		625.68	598.52
121		627.35	600.19
122		629.02	
123		630.69	
124		632.36	
125		634.03	
126		635.70	
127		637.37	
128		639.04	
129		640.71	
130		642.38	
131		644.05	
132		645.72	
133		647.39	
DN (mm/ golpe)	2.735	2.400	2.534

DN PROMEDIO (mm/golpe)	2.56
-------------------------------	-------------

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Figura 53. DCP IN SITU



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 75. GRAVEDAD ESPECÍFICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	BAÑOS-LLIGUA	PROFUNDIDAD	50 cm
MUESTRA	5	COORDENADAS	784228.65 m E 9845941.58 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR	Ing. Favio Portilla
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58			
Picnómetro N°		ISO 06-14	
Temperatura agua + suelo		33.4	
Recipiente		F4	
Peso Recipiente + suelo seco		131.3	
Peso del Recipiente [Wr]		81.8	
Peso Suelo seco [Ws]		49.5	
Peso Picnómetro + agua [Wbw]		345.3	
Ws+Wbw		394.8	
Peso Picnómetro + agua + suelo [Wbws]		376.2	
Deslizamiento de agua [Ws+Wbw]-Wbws		18.6	
Factor correlación por temperatura		0.99458	
Gravedad Específica		2.647	

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 76. PROCTOR MODIFICADO

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 Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.										
PARROQUIA:	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA VEGETAL:	3 cm								
VÍA:	BAÑOS-LLIGUA	PROFUNDIDAD:	50 cm								
MUESTRA:	5		COORDENADAS:	784228.65 m E 9845941.58 m S							
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA		REVISADO POR:	Ing. Favio Portilla							
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860											
ESPECIFICACIONES											
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)				5440			
Número de Capas	5	Peso del Martillo		10 lb	Volumen del Molde (cm ³)				2114		
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO	T-180	ASTM	D1557	INEN	860			
Peso Inicial Deseado	5000		5000		5000			5000			
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN											
Ensayo Número	1	2	3	4	5						
Humedad inicial Añadida en cc	0	150	300	450	600						
Humedad inicial Añadida en %	-	-	-	-	-						
P. molde + suelo húmedo (gr)	9563.4	9875.8	9948	10044.4	9869.8						
Peso suelo húmedo W _m (gr)	4123.40	4435.80	4508.00	4604.40	4429.80						
Peso unitario húmedo γ _m (gr/cm ³)	1.95	2.10	2.13	2.18	2.10						
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD											
Recipiente Número	M8	W2	F-5	D-7	6A	H-1	R-5	P-5	E-6	D-8	
Peso del Recipiente W _r	94.14	55.53	55.53	46.38	38.27	43.34	43.09	39.76	41.85	46.9	
Recipiente + suelo húmedo W _r +W _m	258.38	253.68	247.5	220.11	155.62	136.21	225.17	205.95	143.28	124.4	
Recipiente + suelo seco W _s +W _m	252.14	245.65	232.64	206.88	144.49	127.13	202.75	185.51	127.65	113.39	
Peso sólidos W _s	158.00	190.12	177.11	160.50	106.22	83.79	159.66	145.75	85.80	66.49	
Peso del agua W _w	6.24	8.03	14.86	13.23	11.13	9.08	22.42	20.44	15.63	11.01	
Contenido de Humedad w%	3.95	4.22	8.39	8.24	10.48	10.84	14.04	14.02	18.22	16.56	
Promedio Contenido de Humedad w%	4.09		8.32		10.66			14.03		17.39	
Peso Volumétrico Seco γ _d (gr/cm ³)	1.874		1.937		1.927			1.910		1.785	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA											
CURVA DE COMPACTACIÓN											
DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm ³)	1.940	G _c %	85.6	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	9.6						

Tabla 77. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL		3 cm	
VÍA	BAÑOS-LLIGUA		PROF.		50 cm	
MUESTRA	5		COOR.		784228.65 m E 9845941.58 m S	
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA		REVISADO POR:		Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-180						
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO	PROCTOR MODIFICADO		PESO MARTILLO		15535	
PESO MUESTRA	5000		ALTURA CAÍDA		2316.7	
Contenido de Humedad óptimo [w% OPTIMO]	9.6		Densidad seca máxima [gr/cm3]		1.94	
ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
Molde	15		18		44	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		27		11	
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Número de molde	15		18		44	
Peso húmedo + molde [gr]	10451.2	10555.2	10317	10524	9924.8	10184.8
Peso Molde [gr]	5794.8	5794.8	5908.2	5908.2	5794.4	5794.4
Peso húmedo [gr]	4656.4	4760.4	4408.8	4615.8	4130.4	4390.4
Volumen de molde [cm3]	2118		2118		2218	
Densidad húmeda [gr/cm3]	2.198	2.248	2.082	2.179	1.862	1.979
Densidad Seca [gr/cm3]	1.983	1.972	1.887	1.879	1.700	1.699
Densidad Seca Promedio [gr/cm3]	1.977		1.883		1.699	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD						
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Recipiente Número	W-1	D-8	D-5	D-6	D-8	S-1
Peso del Recipiente Wr	53.77	71.79	65.84	69.47	47.55	73.85
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	305.4	347.19	334	315.36	312.72	359.08
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	280.69	313.41	308.95	281.42	289.63	318.62
Peso sólidos Ws	226.92	241.62	243.11	211.95	242.08	244.77
Peso del agua Ww	24.71	33.78	25.05	33.94	23.09	40.46
Contenido de Humedad w%	10.89	13.98	10.30	16.01	9.54	16.53

ESPONJAMIENTO									
Molde	1			2			3		
	LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN
plg.			mm	plg.		mm	plg.		mm
ANTES	1.3	0.6	15.24	1.23	0.7	17.78	0.22	1.65	41.91
DESPUÉS	1.9			1.93			1.87		

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 78. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CBR: ENSAYO DE PENETRACIÓN																
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.																
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA							CAPA DE VEGETAL	3 cm							
VÍA	BAÑOS-LLIGUA							PROFUNDIDAD	50 cm							
MUESTRA	5							COORDENADAS	784228.65 m E 9845941.58 m S							
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA							REVISADO POR	Ing. Favio Portilla							
NORMA: AASHTO: T-180																
MOLDE NÚMERO				7				8				9				
				(56 GOLPES)				(27 GOLPES)				(11 GOLPES)				
TIEMPO MIN	PENET. SEG		Q EST. (lb/in ²)	Q LECT	PRESIONES		CBR	Q LECT	PRESIONES		CBR	Q LECT	PRESIONES		CBR	
	"10-3			DIAL	LEIDA	CORR.		DIAL	LEIDA	CORR.		DIAL	LEIDA	CORR.		
					lb/plg.2	%			lb/plg.2	%			lb/plg.2	%		
		0		0	0.00			0	0.00			0	0.00			
0	30	25		47.2	34.68			43	31.59			20.4	14.99			
1	0	50		145.3	106.75			92.2	67.74			43.4	31.88			
1	30	75		264.2	194.10			153.4	112.70			70.5	51.79			
2	0	100	1000	404.9	297.47	297.47	29.7	203.5	149.50	149.50	15.0	105	77.14	77.14	7.71	
3	0	150		703.6	516.91			307.9	226.20			158.6	116.52			
4	0	200	15000	915.1	672.29	672.29	44.8	382.4	280.94	280.94	18.7	195.4	143.55	143.55	9.57	
5	0	250		1132.8	832.23			441.2	324.13			222.8	163.68			
6	0	300		1273.4	935.52			512.8	376.74			239.4	175.88			
8	0	400		1523.6	1119.34			614.4	451.38			299.3	219.89			
10	0	500		1670.3	1227.11			684.3	502.73			352.6	259.04			

PENETRACIÓN VS PRESIÓN

% CBR vs DENSIDAD SECA

DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.940	gr/cm ³	% CBR		
			0,1"	0,2"	in				0.1"	0.2"	Mayor
(56 GOLPES)	1.977	gr/cm ³	29.7	44.8	%	95% DSM	1.843	gr/cm ³	13.1	16.9	16.9
(27 GOLPES)	1.883	gr/cm ³	15.0	18.7	%						
(11 GOLPES)	1.699	gr/cm ³	7.7	9.6	%						

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 79 GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA					
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	BAÑOS LLIGUA		PROFUNDIDAD	50 cm	
MUESTRA	6		COORDENADAS	784161.79 m E 9845512.83 m S	
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58					
TAMIZ	mm	W retenido (gr)	W ret. Acumulado (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
# 4	4.76	177.8	177.80	34.65	65.35
# 8	2.38	61.8	239.6	46.70	53.30
# 10	2	15	254.6	49.62	50.38
# 16	1.19	40.6	295.2	57.53	42.47
# 30	0.595	45.2	340.4	66.34	33.66
# 40	0.42	21.2	361.6	70.47	29.53
# 50	0.297	18.6	380.2	74.10	25.90
# 60	0.25	4.4	384.6	74.95	25.05
# 100	0.149	21	405.6	79.05	20.95
# 200	0.074	12.6	418.2	81.50	18.50
FUENTE		94.42	512.62	99.90	0.10
TOTAL		418.20			
Peso retenido seco					513.12
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO REC + S . H	355.09		PESO TOTAL MUESTRA S.H	543	
PESO REC + S . S	338.25		PESO TOTAL MUESTRA S.S	513.12	
PESO REC	49.11				
PESO AGUA	16.84				
PESO SUELO	289.14				
W%	5.82				

COEFICIENTES DEL SUELO				
Diámetro efectivo (D10) en mm	Diámetro equiparable (D30) en mm	Diámetro dimensional (D60) en mm	Coefficiente de uniformidad (Cu)	Coefficiente de curvatura (Cc)
0.014	0.440	3.5	250.00	3.95

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 80. LÍMITES DE ATTERBERG

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL	3 cm		
VÍA	BAÑOS-LLIGUA		PROFUNDIDAD	50 cm		
MUESTRA	6		COORDENADAS	784161.79 m E 9845512.83 m S		
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla		
LÍMITE LÍQUIDO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	6t	8t	12F	11F	6T	8T
Peso Recipiente + Suelo húmeda [Wm+rec]	17.05	16.77	20.55	24.17	15.99	16.84
Peso Recipiente + Suelo seco [Ws+rec]	15.25	15.05	17.74	20.06	13.05	13.21
Peso Recipiente [Rec]	11.54	11.45	11.6	11.22	5.98	5.81
Peso Agua [Ww]	1.80	1.72	2.81	4.11	2.94	3.63
Peso Suelo [Ws]	3.71	3.60	6.14	8.84	7.07	7.40
Contenido de humedad [w%]	48.52	47.78	45.77	46.49	41.58	49.05
Prom. Contenido humedad [w%]	48.15		46.13		45.32	
NÚMERO de golpes	9		20		49	
LÍMITE LÍQUIDO	46.22					
LÍMITE PLÁSTICO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	M7		E2			
Peso Recipiente [W Rec]	4.35		4.38		4.26	
Peso Recipiente + Suelo húmeda	5.32		5.36		5.12	
Peso Recipiente + Suelo seco	5.11		5.15		4.93	
Peso Agua	0.21		0.21		0.19	
Peso Suelo	0.76		0.77		0.67	
Contenido de humedad %	27.63		27.27		28.36	
LÍMITE PLÁSTICO	27.75					
IP=LL-LP	18.46					

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO		
SISTEMAS	SUCS	SM
	AASHTO	A-2-7

Tabla 81. DENSIDAD DE CAMPO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DENSIDAD DE CAMPO				
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.				
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	BAÑOS-LLIGUA	PROFUNDIDAD	50 cm	
MUESTRA	6	COORDENADAS	784161.79 m E 9845512.83 m S	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58				
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)				
Peso de la masa del suelo + funda (gr) [Wm + Rec]				2538.86
Peso de funda (gr) [Rec]				6.60
Peso de masa del suelo (gr) [Wm= Wm+Rec-Rec]				2532.26
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)				
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)				4963.8
Peso final frasco + cono + arena (gr)				1213.2
Peso arena en el cono (gr) [Calibración del cono]				1606.20
Peso arena en la calicata(gr)				2144.40
Densidad de Arena de Ottawa [Calibración de arena]				1.489
Volumen de hueco Vm (cm3)				1440.16
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD				
Recipiente N°				101
Peso recipiente + muestra húmeda (gr)				355.09
Peso recipiente + muestra seca (gr)				338.25
Peso recipiente				49.11
Peso Agua (gr) [W ω]				16.84
Peso Sólidos (gr) [Ws]				289.14
ω %				5.82
PROMEDIO ω %				5.82
DETERMINACIÓN FASE DE SUELO				
			Volumen	Peso
Volumen de vacíos			Vv =	64.91
Va =			Wa =	48.07
Vw =			Ww =	16.84
Vs =			Ws =	109.11
Vm =			Wm =	174.02
				305.98
DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE ÍNDICE DE SUELO				
Peso Volumétrico del suelo (γ_m)			1.76	gr/cm3
Densidad seca (γ_d)			1.66	gr/cm3
Contenido de humedad			5.82	%
Relación de vacíos			0.59	natural
Porosidad			37.30	%
Grado de saturación del agua			25.94	%
Grado de saturación del aire			74.06	%

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 82. DCP IN SITU

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP IN SITU			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	BAÑOS-LLIGUA	PROFUNDIDAD	50cm
MUESTRA	6	COORDENADAS	784161.79 m E 9845512.83 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	ING. FAVIO PORTILLA
NORMA: ASTM D 6951-03			
NÚMERO DE GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	300.00	300.00	300.00
1	350.00	350.00	350.00
2	362.50	360.00	362.50
3	375.00	370.00	375.00
4	387.50	380.00	387.50
5	400.00	390.00	400.00
6	410.00	400.00	408.33
7	420.00	412.50	416.66
8	430.00	425.00	424.99
9	440.00	437.50	433.32
10	450.00	450.00	441.65
11	460.00	458.33	449.98
12	470.00	466.66	462.48
13	480.00	474.99	474.98
14	490.00	483.32	487.48
15	500.00	491.65	499.98
16	508.33	499.98	505.54
17	516.66	506.23	511.10
18	524.99	512.48	516.66
19	533.32	518.73	522.22
20	541.65	524.98	527.78
21	549.98	531.23	533.34
22	559.98	537.48	538.90
23	569.98	543.73	544.46
24	579.98	549.98	550.02
25	589.98	558.31	557.16
26	599.98	566.64	564.30
27	604.53	574.97	571.44
28	609.08	583.30	578.58
29	613.63	591.63	585.72
30	618.18	599.96	592.86
31	622.73	605.52	600.00
32	627.28	611.08	610.00
33	631.83	616.64	620.00
34	636.38	622.20	630.00
35	640.93	627.76	640.00
36	645.48	633.32	650.00
37	650.03	638.88	658.33
38	660.03	644.44	666.66
39	670.03	650.00	674.99
40	680.03	658.33	683.32
41	690.03	666.66	691.65
42	700.03	674.99	699.98
43	705.03	683.32	703.55
44	710.03	691.65	707.12

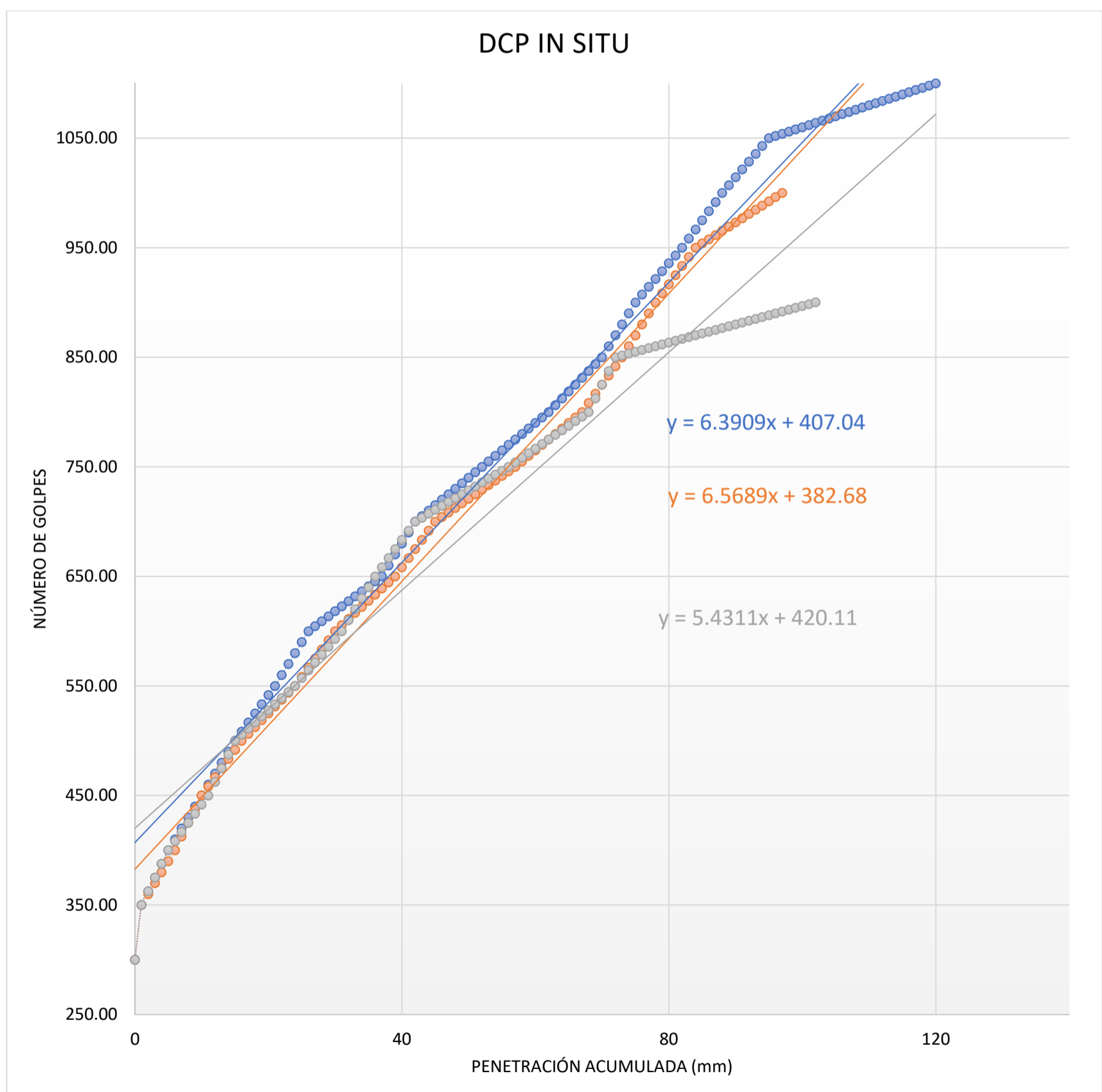
45	715.03	699.98	710.69
46	720.03	704.15	714.26
47	725.03	708.32	717.83
48	730.03	712.49	721.40
49	735.03	716.66	724.97
50	740.03	720.83	728.54
51	745.03	725.00	732.11
52	750.03	729.17	735.68
53	755.03	733.34	739.25
54	760.03	737.51	742.82
55	765.03	741.68	746.39
56	770.03	745.85	749.96
57	775.03	750.02	754.13
58	780.03	755.02	758.30
59	785.03	760.02	762.47
60	790.03	765.02	766.64
61	795.03	770.02	770.81
62	800.03	775.02	774.98
63	806.28	780.02	779.15
64	812.53	785.02	783.32
65	818.78	790.02	787.49
66	825.03	795.02	791.66
67	831.28	800.02	795.83
68	837.53	808.35	800.00
69	843.78	816.68	812.50
70	850.03	825.01	825.00
71	860.03	833.34	837.50
72	870.03	841.67	850.00
73	880.03	850.00	851.67
74	890.03	860.00	853.34
75	900.03	870.00	855.01
76	907.17	880.00	856.68
77	914.31	890.00	858.35
78	921.45	900.00	860.02
79	928.59	908.33	861.69
80	935.73	916.66	863.36
81	942.87	924.99	865.03
82	950.01	933.32	866.70
83	958.34	941.65	868.37
84	966.67	949.98	870.04
85	975.00	953.83	871.71
86	983.33	957.68	873.38
87	991.66	961.53	875.05
88	999.99	965.38	876.72
89	1007.13	969.23	878.39
90	1014.27	973.08	880.06
91	1021.41	976.93	881.73
92	1028.55	980.78	883.40
93	1035.69	984.63	885.07
94	1042.83	988.48	886.74
95	1049.97	992.33	888.41
96	1051.97	996.18	890.08
97	1053.97	1000.03	891.75
98	1055.97		893.42
99	1057.97		895.09
100	1059.97		896.76
101	1061.97		898.43
102	1063.97		900.10
103	1065.97		
104	1067.97		
105	1069.97		
106	1071.97		
107	1073.97		

108	1075.97		
109	1077.97		
110	1079.97		
111	1081.97		
112	1083.97		
113	1085.97		
114	1087.97		
115	1089.97		
116	1091.97		
117	1093.97		
118	1095.97		
119	1097.97		
120	1099.97		
DN (mm/ golpe)	6.391	6.569	5.431

DN PROMEDIO (mm/golpe)	6.13
-------------------------------	-------------

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Figura 54. DCP IN SITU



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 83. GRAVEDAD ESPECÍFICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	BAÑOS-LLIGUA	PROFUNDIDAD	50 cm
MUESTRA	6	COORDENADAS	784161.79 m E 9845512.83 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR	Ing. Favio Portilla
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58			
Picnómetro N°		ISO 06-14	
Temperatura agua + suelo		31.5	
Recipiente		F4	
Peso Recipiente + suelo seco		177.8	
Peso del Recipiente [Wr]		127.8	
Peso Suelo seco [Ws]		50	
Peso Picnómetro + agua [Wbw]		345.3	
Ws+Wbw		395.3	
Peso Picnómetro + agua + suelo [Wbws]		374.3	
Deslizamiento de agua [Ws+Wbw]-Wbws		21	
Factor correlación por temperatura		0.99525	
Gravedad Específica		2.370	

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 84. PROCTOR MODIFICADO

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 Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.								
PARROQUIA:	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA VEGETAL:	3 cm						
VÍA:	BAÑOS-LLIGUA	PROFUNDIDAD:	50 cm						
MUESTRA:	6	COORDENADAS:	784161.79 m E 9845512.83 m S						
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	Ing. Favio Portilla						
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860									
ESPECIFICACIONES									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)	5440				
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm ³)	2114				
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180	ASTM D1557	INEN	860			
Peso Inicial Deseado	5000	5000	5000	5000	5000				
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN									
Ensayo Número	1	2	3	4					
Humedad inicial Añadida en cc	0	150	300	450					
Humedad inicial Añadida en %	-	-	-	-					
P. molde + suelo húmedo (gr)	9635.2	9837.6	9979.2	9880.6					
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4195.20	4397.60	4539.20	4440.60					
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.98	2.08	2.15	2.10					
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD									
Recipiente Número	2F	D-8	M-1	S-1					
Peso del Recipiente W _r	53.76	28.05	65.67	43.42	42.04	41.95	27.66	31.63	
Recipiente + suelo húmedo W _r +W _m	236.5	182.18	211.87	167.02	199.26	183.19	116.42	135.04	
Recipiente + suelo seco W _s +W _m	232.13	180.96	202.54	158.69	181.5	167.16	103.56	119.94	
Peso sólidos W _s	178.37	152.91	136.87	115.27	139.46	125.21	75.90	88.31	
Peso del agua W _w	4.37	1.22	9.33	8.33	17.76	16.03	12.86	15.10	
Contenido de Humedad w%	2.45	0.80	6.82	7.23	12.73	12.80	16.94	17.10	
Promedio Contenido de Humedad w%	1.62		7.02		12.77			17.02	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1.937		1.944		1.904			1.795	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA									
CURVA DE COMPACTACIÓN									
DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm ³)	1.955	G _c %	85.0	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	6.0				

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 85. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL		3 cm	
VÍA	BAÑOS-LLIGUA		PROF.		50 cm	
MUESTRA	6		COOR.		784161.79 m E 9845512.83 m S	
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA		REVISADO POR:		Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-180						
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO	PROCTOR MODIFICADO		PESO MARTILLO		15535	
PESO MUESTRA	5000		ALTURA CAÍDA		2316.7	
Contenido de Humedad óptimo [w% OPTIMO]	6.0		Densidad seca máxima [gr/cm3]		1.955	
ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
Molde	7		8		9	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		27		11	
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Número de molde	7		8		9	
Peso húmedo + molde [gr]	10451.2	10555.2	10317	10524	9924.8	10184.8
Peso Molde [gr]	5794.8	5794.8	5908.2	5908.2	5794.4	5794.4
Peso húmedo [gr]	4656.4	4760.4	4408.8	4615.8	4130.4	4390.4
Volumen de molde [cm3]	2118		2118		2218	
Densidad húmeda [gr/cm3]	2.198	2.248	2.082	2.179	1.862	1.979
Densidad Seca [gr/cm3]	1.983	1.972	1.887	1.879	1.700	1.699
Densidad Seca Promedio [gr/cm3]	1.977		1.883		1.699	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD						
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Recipiente Número	W-1	D-8	D-5	D-6	D-8	S-1
Peso del Recipiente Wr	53.77	71.79	65.84	69.47	47.55	73.85
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	305.4	347.19	334	315.36	312.72	359.08
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	280.69	313.41	308.95	281.42	289.63	318.62
Peso sólidos Ws	226.92	241.62	243.11	211.95	242.08	244.77
Peso del agua Ww	24.71	33.78	25.05	33.94	23.09	40.46
Contenido de Humedad w%	10.89	13.98	10.30	16.01	9.54	16.53

ESPONJAMIENTO									
Molde	1			2			3		
LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		plg.	mm		plg.	mm		plg.	mm
ANTES	1.3	0.6	15.24	1.23	0.7	17.78	0.22	1.65	41.91
DESPUÉS	1.9			1.93			1.87		

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 86. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CBR: ENSAYO DE PENETRACIÓN																		
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.																		
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA										CAPA DE VEGETAL	3 cm						
VÍA	BAÑOS-LLIGUA										PROFUNDIDAD	50 cm						
MUESTRA	6										COORDENADAS	784161.79 m E 9845512.83 m S						
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA										REVISADO POR	Ing. Favio Portilla						
NORMA: AASHTO: T-180																		
MOLDE NÚMERO			7				8				9							
			(56 GOLPES)				(27 GOLPES)				(11 GOLPES)							
TIEMPO MIN	PENET.		Q EST. (lb/in ²)	Q LECT		PRESIONES		CBR	Q LECT		PRESIONES		CBR	Q LECT		PRESIONES		CBR
	SEG	"10-3		DIAL	LEIDA	CORR.	DIAL		LEIDA	CORR.	DIAL	LEIDA		CORR.	DIAL	LEIDA	CORR.	
						lb/plg.2		%			lb/plg.2		%			lb/plg.2		%
		0		0	0.00				0	0.00				0	0.00			
0	30	25		47.2	34.68				43	31.59				20.4	14.99			
1	0	50		145.3	106.75				92.2	67.74				43.4	31.88			
1	30	75		264.2	194.10				153.4	112.70				70.5	51.79			
2	0	100	1000	404.9	297.47	297.47	29.7		203.5	149.50	149.50	15.0		105	77.14	77.14	7.71	
3	0	150		703.6	516.91				307.9	226.20				158.6	116.52			
4	0	200	15000	915.1	672.29	672.29	44.8		382.4	280.94	280.94	18.7		195.4	143.55	143.55	9.57	
5	0	250		1132.8	832.23				441.2	324.13				222.8	163.68			
6	0	300		1273.4	935.52				512.8	376.74				239.4	175.88			
8	0	400		1523.6	1119.34				614.4	451.38				299.3	219.89			
10	0	500		1670.3	1227.11				684.3	502.73				352.6	259.04			

PENETRACIÓN VS PRESIÓN

Penetración (plg 10E-3)	Presión (lb/plg2) - 56 GOLPES	Presión (lb/plg2) - 27 GOLPES	Presión (lb/plg2) - 11 GOLPES
0	0	0	0
100	250	150	100
200	670	290	150
300	930	380	180
400	1110	450	210
500	1220	500	250

% CBR vs DENSIDAD SECA

Densidad Seca (gr/cm3)	% CBR - 0,2"	% CBR - 0,1"
1.700	10.0	8.0
1.850	18.0	13.0
1.955	45.0	30.0

DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁXIMA			% CBR		
			0,1"	0,2"	in				0.1"	0.2"	MAYOR
(56 GOLPES)	1.977	gr/cm3	29.7	44.8	%	1.955	gr/cm3	13.1	16.9	16.9	
(27 GOLPES)	1.883	gr/cm3	15.0	18.7	%						
(11 GOLPES)	1.699	gr/cm3	7.7	9.6	%						

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 87. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA					
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
PARROQUIA	LLIGUA		CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	LLIGUA OSOHUAYCO		PROFUNDIDAD	80 cm	
MUESTRA	7		COORDENADAS	784396.27 m E 9846820.93 m S	
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58					
TAMIZ	mm	W retenido (gr)	W ret. Acumulado (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
# 4	4.76	217.2	217.20	39.38	60.62
# 8	2.38	44.4	261.6	47.43	52.57
# 10	2	9.6	271.2	49.17	50.83
# 16	1.19	24.2	295.4	53.56	46.44
# 30	0.595	25	320.4	58.09	41.91
# 40	0.42	11	331.4	60.09	39.91
# 50	0.297	10.4	341.8	61.97	38.03
# 60	0.25	3.6	345.4	62.63	37.37
# 100	0.149	15	360.4	65.35	34.65
# 200	0.074	30	390.4	70.78	29.22
FUENTE		1	391.40	70.97	29.03
TOTAL		390.40			
Peso retenido seco					551.53
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO REC + S . H	327.85		PESO TOTAL MUESTRA S.H	641	
PESO REC + S . S	287.96		PESO TOTAL MUESTRA S.S	551.53	
PESO REC	42.05				
PESO AGUA	39.89				
PESO SUELO	245.91				
W%	16.22				

COEFICIENTES DEL SUELO				
Diámetro efectivo (D10) en mm	Diámetro equiparable (D30) en mm	Diámetro dimensional (D60) en mm	Coefficiente de uniformidad (Cu)	Coefficiente de curvatura (Cc)
0.015	0.080	4.5	300.00	0.09


Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 88. LÍMITES DE ATTERBERG

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	LLIGUA		CAPA DE VEGETAL	3 cm		
VÍA	LLIGUA-OSOBUAYCO		PROFUNDIDAD	80 cm		
MUESTRA	7		COORDENADAS	784396.27 m E 9846820.93 m S		
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla		
LÍMITE LÍQUIDO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	P-6	E-2	X-7	E-1	P1	L1
Peso Recipiente + Suelo húmeda [Wm+rec]	17.89	13.25	24.16	23.45	36.18	33.75
Peso Recipiente + Suelo seco [Ws+rec]	14.4	10.99	19.55	18.99	33.3	31.52
Peso Recipiente [Rec]	4.24	4.36	4.36	4.26	23.11	23.48
Peso Agua [Ww]	3.49	2.26	4.61	4.46	2.88	2.23
Peso Suelo [Ws]	10.16	6.63	15.19	14.73	10.19	8.04
Contenido de humedad [w%]	34.35	34.09	30.35	30.28	28.26	27.74
Prom. Contenido humedad [w%]	34.22		30.31		28.00	
NÚMERO de golpes	9		19		40	
LÍMITE LÍQUIDO	29.70					
LÍMITE PLÁSTICO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	3T		M-3		M-1	
Peso Recipiente [W Rec]	28.05		23.86		23.89	
Peso Recipiente + Suelo húmeda	28.63		24.39		24.77	
Peso Recipiente + Suelo seco	28.56		24.35		24.63	
Peso Agua	0.07		0.04		0.14	
Peso Suelo	0.51		0.49		0.74	
Contenido de humedad %	13.73		8.16		18.92	
LÍMITE PLÁSTICO	13.60					
IP=LL-LP	16.09					

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO		
SISTEMAS	SUCS	SC
	AASHTO	A-2-6

Tabla 89. DENSIDAD DE CAMPO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DENSIDAD DE CAMPO				
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.				
PARROQUIA	LLIGUA	CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	LLIGUA-OSOHUAYCO	PROFUNDIDAD	80 cm	
MUESTRA	7	COORDENADAS	784396.27 m E 9846820.93 m S	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58				
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)				
Peso de la masa del suelo + funda (gr) [Wm + Rec]			1248.5	
Peso de funda (gr) [Rec]			6.60	
Peso de masa del suelo (gr) [Wm= Wm+Rec-Rec]			1241.90	
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)				
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)			4302	
Peso final frasco + cono + arena (gr)			1696	
Peso arena en el cono (gr) [Calibración del cono]			1606.20	
Peso arena en la calicata(gr)			999.80	
Densidad de Arena de Ottawa [Calibración de arena]			1.489	
Volumen de hueco Vm (cm3)			671.46	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD				
Recipiente N°			101	
Peso recipiente + muestra húmeda (gr)			175.24	
Peso recipiente + muestra seca (gr)			167.94	
Peso recipiente			46.91	
Peso Agua (gr) [Wω]			7.3	
Peso Sólidos (gr) [Ws]			121.03	
ω%			6.03	
PROMEDIO ω%			6.03	
DETERMINACIÓN FASE DE SUELO				
			Volumen	Peso
Volumen de vacíos		Vv =	23.71	-
Va =		Wa =	16.41	0.00
Vw =		Ww =	7.30	7.30
Vs =		Ws =	45.67	121.03
Vm =		Wm =	69.38	128.33
DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE ÍNDICE DE SUELO				
Peso Volumétrico del suelo (γm)			1.85	gr/cm3
Densidad seca (γd)			1.74	gr/cm3
Contenido de humedad			6.03	%
Relación de vacíos			0.52	natural
Porosidad			34.18	%
Grado de saturación del agua			30.79	%
Grado de saturación del aire			69.21	%

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 90. DCP IN SITU

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP IN SITU			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	LLIGUA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	LLIGUA-OSOHUAYCO	PROFUNDIDAD	80cm
MUESTRA	7	COORDENADAS	784396.27 m E 9846820.93 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	ING. FAVIO PORTILLA
NORMA: ASTM D 6951-03			
NÚMERO DE GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	300.00	300.00	300.00
1	310.00	307.14	308.33
2	320.00	314.28	316.66
3	330.00	321.42	324.99
4	340.00	328.56	333.32
5	350.00	335.70	341.65
6	356.25	342.84	349.98
7	362.50	349.98	357.12
8	368.75	374.98	364.26
9	375.00	399.98	371.40
10	381.25	402.92	378.54
11	387.50	405.86	385.68
12	393.75	408.80	392.82
13	400.00	411.74	399.96
14	404.55	414.68	407.10
15	409.10	417.62	414.24
16	413.65	420.56	421.38
17	418.20	423.50	428.52
18	422.75	426.44	435.66
19	427.30	429.38	442.80
20	431.85	432.32	449.94
21	436.40	435.26	456.19
22	440.95	438.20	462.44
23	445.50	441.14	468.69
24	450.05	444.08	474.94
25	460.05	447.02	481.19
26	470.05	449.96	487.44
27	480.05	458.29	493.69
28	490.05	466.62	499.94
29	500.05	474.95	509.94
30	508.38	483.28	519.94
31	516.71	491.61	529.94
32	525.04	499.94	539.94
33	533.37	507.08	549.94
34	541.70	514.22	558.27
35	550.03	521.36	566.60
36	557.17	528.50	576.60
37	564.31	535.64	586.60
38	571.45	542.78	596.60
39	578.59	549.92	606.60
40	585.73	552.70	616.60
41	592.87	555.48	621.60
42	600.01	558.26	626.60
43	604.18	561.04	631.60

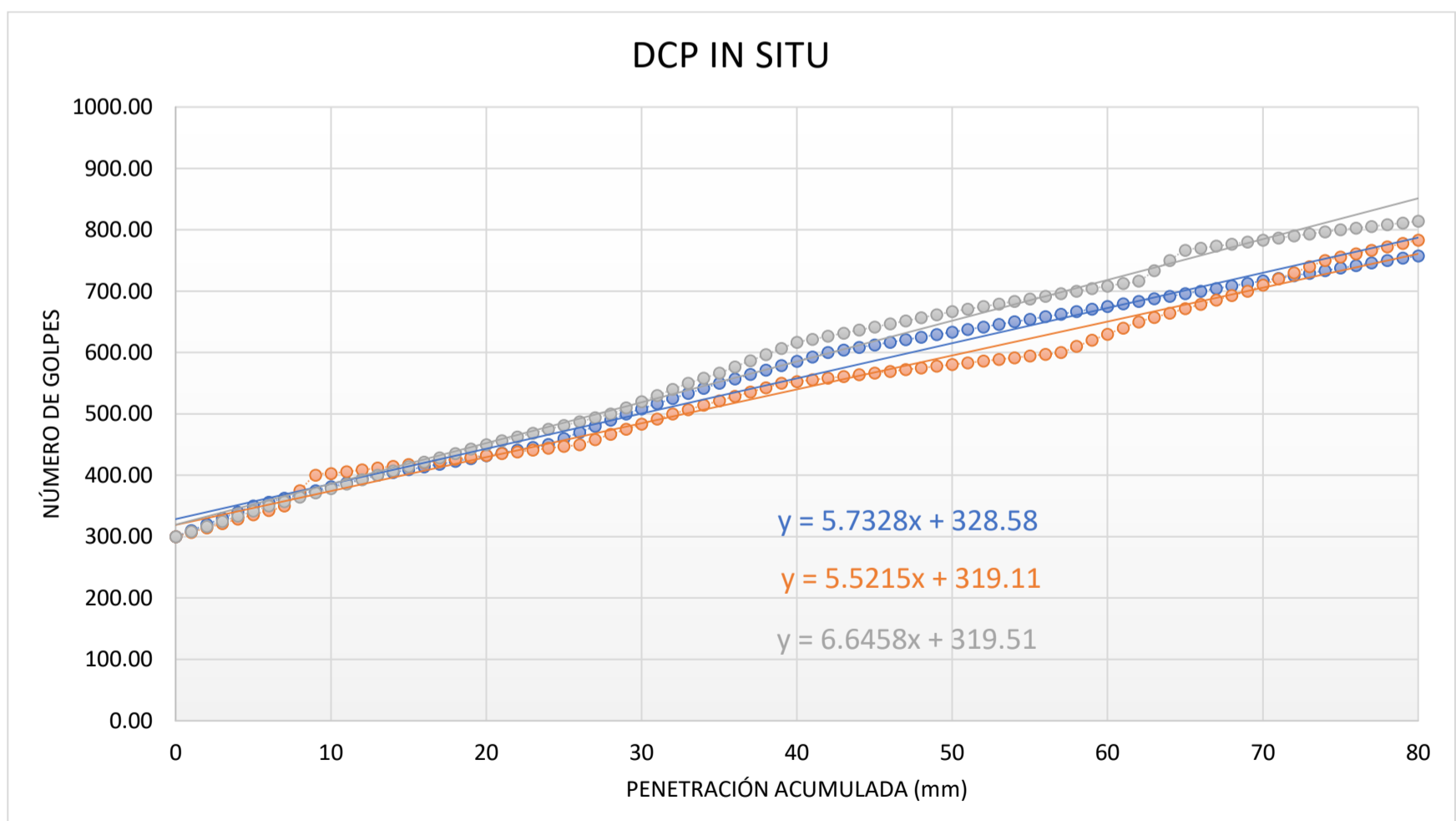
44	608.35	563.82	636.60
45	612.52	566.60	641.60
46	616.69	569.38	646.60
47	620.86	572.16	651.60
48	625.03	574.94	656.60
49	629.20	577.72	661.60
50	633.37	580.50	666.60
51	637.54	583.28	670.77
52	641.71	586.06	674.94
53	645.88	588.84	679.11
54	650.05	591.62	683.28
55	654.22	594.40	687.45
56	658.39	597.18	691.62
57	662.56	599.96	695.79
58	666.73	609.96	699.96
59	670.90	619.96	704.13
60	675.07	629.96	708.30
61	679.24	639.96	712.47
62	683.41	649.96	716.64
63	687.58	657.10	733.31
64	691.75	664.24	749.98
65	695.92	671.38	766.65
66	700.09	678.52	769.98
67	704.26	685.66	773.31
68	708.43	692.80	776.64
69	712.60	699.94	779.97
70	716.77	709.94	783.30
71	720.94	719.94	786.63
72	725.11	729.94	789.96
73	729.28	739.94	793.29
74	733.45	749.94	796.62
75	737.62	755.50	799.95
76	741.79	761.06	802.73
77	745.96	766.62	805.51
78	750.13	772.18	808.29
79	753.70	777.74	811.07
80	757.27	783.30	813.85
81	760.84	788.86	816.63
82	764.41	794.42	819.41
83	767.98	799.98	822.19
84	771.55	803.55	824.97
85	775.12	807.12	827.75
86	778.69	810.69	830.53
87	782.26	814.26	833.31
88	785.83	817.83	836.09
89	789.40	821.40	838.87
90	792.97	824.97	841.65
91	796.54	828.54	844.43
92	800.11	832.11	847.21
93	804.28	835.68	849.99
94	808.45	839.25	854.16
95	812.62	842.82	858.33
96	816.79	846.39	862.50
97	820.96	849.96	866.67
98	825.13	858.29	870.84
99	829.30	866.62	875.01
100	833.47	874.95	879.18
101	837.64	883.28	883.35
102	841.81	891.61	887.52
103	845.98	899.94	891.69
104	850.15	909.94	895.86
105	860.15	919.94	900.03
106	870.15	929.94	904.20

107	880.15	939.94	908.37
108	890.15	949.94	912.54
109	900.15	957.08	916.71
110	907.29	964.22	920.88
111	914.43	971.36	925.05
112	921.57	978.50	929.22
113	928.71	985.64	933.39
114	935.85	992.78	937.56
115	942.99	999.92	941.73
116	950.13		945.90
117	960.13		950.07
118	970.13		954.24
119	980.13		958.41
120	990.13		962.58
121	1000.13		966.75
122	1010.13		970.92
123	1020.13		975.09
124	1030.13		979.26
125	1040.13		983.43
126	1050.13		987.60
127	1060.13		991.77
128	1070.13		995.94
129	1080.13		1000.11
130	1090.13		
131	1100.13		
DN (mm/ golpe)	5.733	5.522	6.648

DN PROMEDIO (mm/golpe)	5.97
-------------------------------	-------------

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Figura 55. DCP IN SITU



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 91. GRAVEDAD ESPECÍFICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	LLIGUA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	LLIGUA-OSOHUAYCO	PROFUNDIDAD	80 cm
MUESTRA	7	COORDENADAS	784396.27 m E 9846820.93 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR	Ing. Favio Portilla
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58			
Picnómetro N°		ISO 06-14	
Temperatura agua + suelo		34.5	
Recipiente		F4	
Peso Recipiente + suelo seco		130.08	
Peso del Recipiente [Wr]		79.01	
Peso Suelo seco [Ws]		51.07	
Peso Picnómetro + agua [Wbw]		345.3	
Ws+Wbw		396.37	
Peso Picnómetro + agua + suelo [Wbws]		377.41	
Deslizamiento de agua [Ws+Wbw]-Wbws		18.96	
Factor correlación por temperatura		0.99425	
Gravedad Específica		2.678	

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 92. PROCTOR MODIFICADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PROCTOR MODIFICADO-B"									
PROYECTO:		TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.							
PARROQUIA:	LLIGUA			CAPA VEGETAL:	3 cm				
VÍA:	LLIGUA-OSOHUAYCO			PROFUNDIDAD:	80 cm				
MUESTRA:	7			COORDENADAS:	784396.27 m E 9846820.93 m S				
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA			REVISADO POR:	Ing. Favio Portilla				
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860									
ESPECIFICACIONES									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)	5440				
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm ³)	2114				
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180	ASTM D1557	INEN	860			
Peso Inicial Deseado	5000	5000	5000	5000	5000				
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN									
Ensayo Número	1	2	3	4					
Humedad inicial Añadida en cc	0	150	300	450					
Humedad inicial Añadida en %	-	-	-	-					
P. molde + suelo húmedo (gr)	9661.2	9935.8	10218.6	9972.4					
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4221.20	4495.80	4778.60	4532.40					
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	2.00	2.13	2.26	2.14					
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD									
Recipiente Número	C-7	2-R	11B	4B	M8	4a	d-8	H-2	
Peso del Recipiente W _r	53.3	47.23	56.46	53.11	98.2	43.14	94.13	38.3	
Recipiente + suelo húmedo W _r +W _m	233.75	156.05	239.95	242.68	294.78	197.2	268.47	200.44	
Recipiente + suelo seco W _s +W _m	224.28	149.2	226.99	229.7	275.98	182.1	246.95	180.51	
Peso sólidos W _s	170.98	101.97	170.53	176.59	177.78	138.96	152.82	142.21	
Peso del agua W _w	9.47	6.85	12.96	12.98	18.80	15.10	21.52	19.93	
Contenido de Humedad w%	5.54	6.72	7.60	7.35	10.57	10.87	14.08	14.01	
Promedio Contenido de Humedad w%	6.13		7.48		10.72		14.05		
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1.881		1.557		2.042		1.880		
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA									
CURVA DE COMPACTACIÓN									
DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm ³)	2.055	G _c %	85.0	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	11.1				

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 93. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	LLIGUA		CAPA DE VEGETAL		3 cm	
VÍA	LLIGUA-OSOHUAYCO		PROF.		80 cm	
MUESTRA	7		COOR.		784396.27 m E 9846820.93 m S	
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA		REVISADO POR:		Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-180						
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO	PROCTOR MODIFICADO		PESO MARTILLO		15535	
PESO MUESTRA	5000		ALTURA CAÍDA		2316.7	
Contenido de Humedad óptimo [w% OPTIMO]	11.5		Densidad seca máxima [gr/cm3]		2.055	
ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
Molde	12		11		10	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		27		11	
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Número de molde	12		11		10	
Peso húmedo + molde [gr]	11358.6	11433.8	10946.4	11130.2	9946.4	10130.2
Peso Molde [gr]	6458.4	6458.4	6419.6	6419.6	6419.6	6419.6
Peso húmedo [gr]	4900.2	4975.4	4526.8	4710.6	3526.8	3710.6
Volumen de molde [cm3]	2091.09		2091.09		2091.09	
Densidad húmeda [gr/cm3]	2.343	2.379	2.165	2.253	1.687	1.774
Densidad Seca [gr/cm3]	2.150	2.077	1.983	2.001	1.535	1.544
Densidad Seca Promedio [gr/cm3]	2.114		1.992		1.540	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD						
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Recipiente Número	R-5	R-4	Y-1	1-P	M-1	D-8
Peso del Recipiente Wr	53.71	42.72	73.69	43.03	72.12	65.63
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	340.46	234.47	427.49	201.33	437.56	243.79
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	316.82	210.14	397.74	183.65	404.81	220.62
Peso sólidos Ws	263.11	167.42	324.05	140.62	332.69	154.99
Peso del agua Ww	23.64	24.33	29.75	17.68	32.75	23.17
Contenido de Humedad w%	8.98	14.53	9.18	12.57	9.84	14.95

ESPONJAMIENTO									
Molde	1			2			3		
LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		plg.	mm		plg.	mm		plg.	mm
ANTES	2.26	1.37	34.8	1.35	2.48	62.99	1.67	1.86	47.24
DESPUÉS	3.63			3.83			3.53		

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 94. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CBR: ENSAYO DE PENETRACIÓN																
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.																
PARROQUIA	LLIGUA										CAPA DE VEGETAL	3 cm				
VÍA	LLIGUA-OSOHUAYCO										PROFUNDIDAD	80 cm				
MUESTRA	7										COORDENADAS	784396.27 m E 9846820.93 m S				
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA										REVISADO POR	Ing. Favio Portilla				
NORMA: AASHTO: T-180																
MOLDE NÚMERO				7				8				9				
				(56 GOLPES)				(27 GOLPES)				(11 GOLPES)				
TIEMPO	PENET.		Q EST. (lb/in ²)	Q LECT	PRESIONES		CBR	Q LECT	PRESIONES		CBR	Q LECT	PRESIONES		CBR	
MIN	SEG	"10-3		DIAL	LEIDA	CORR.		DIAL	LEIDA	CORR.		DIAL	LEIDA	CORR.		
					lb/plg.2		%		lb/plg.2		%		lb/plg.2		%	
		0		0	0.00			0	0.00			0	0.00			
0	30	25		17.2	12.64			13.3	9.77			15	11.02			
1	0	50		31	22.77			24.6	18.07			24.4	17.93			
1	30	75		48.1	35.34			38.8	28.51			35.8	26.30			
2	0	100	1000	69.6	51.13	51.13	5.1	54.4	39.97	39.97	4.0	47.3	34.75	34.75	3.47	
3	0	150		124.5	91.47			101.5	74.57			71.9	52.82			
4	0	200	15000	187.6	137.82	137.82	9.2	151.2	111.08	111.08	7.4	96.4	70.82	70.82	4.72	
5	0	250		249.2	183.08			201.2	147.81			115.56	84.90			
6	0	300		319.4	234.65			243.1	178.60			135.4	99.47			
8	0	400		451.1	331.41			300.2	220.55			172.3	126.58			
10	0	500		562.7	413.40			385.5	283.21			187.4	137.68			

PENETRACIÓN VS PRESIÓN

% CBR vs DENSIDAD SECA

DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁXIMA	2.051	gr/cm ³	% CBR		
			0,1"	0,2"	in				0.1"	0.2"	MAYOR
(56 GOLPES)	2.114	gr/cm ³	5.1	9.2	%	95% DSM	1.948	gr/cm ³	3.8	7.2	7.2
(27 GOLPES)	1.992	gr/cm ³	4.0	7.4	%						
(11 GOLPES)	1.540	gr/cm ³	3.5	4.7	%						

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 95. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA					
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
PARROQUIA	LLIGUA		CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	LLIGUA OSOHUAYCO		PROFUNDIDAD	80 cm	
MUESTRA	8		COORDENADAS	784454.24 m E 9846674.98 m S	
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58					
TAMIZ	mm	W retenido (gr)	W ret. Acumulado (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
# 4	4.76	171.2	171.20	38.78	61.22
# 8	2.38	35.6	206.8	46.85	53.15
# 10	2	8.8	215.6	48.84	51.16
# 16	1.19	27.2	242.8	55.00	45.00
# 30	0.595	28	270.8	61.35	38.65
# 40	0.42	13.8	284.6	64.47	35.53
# 50	0.297	12.8	297.4	67.37	32.63
# 60	0.25	3.8	301.2	68.23	31.77
# 100	0.149	25.2	326.4	73.94	26.06
# 200	0.074	11.8	338.2	76.62	23.38
FUENTE		0.8	339.00	76.80	23.20
TOTAL		338.20			
Peso retenido seco					441.42
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO REC + S . H	212.38		PESO TOTAL MUESTRA S.H	475.56	
PESO REC + S . S	200.66		PESO TOTAL MUESTRA S.S	441.42	
PESO REC	49.11				
PESO AGUA	11.72				
PESO SUELO	151.55				
W%	7.73				

COEFICIENTES DEL SUELO				
Diámetro efectivo (D10) en mm	Diámetro equiparable (D30) en mm	Diámetro dimensional (D60) en mm	Coefficiente de uniformidad (Cu)	Coefficiente de curvatura (Cc)
0.015	0.200	4.5	300.00	0.59

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas


Tabla 96. LÍMITES DE ATTERBERG

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	LLIGUA		CAPA DE VEGETAL	3 cm		
VÍA	LLIGUA-OSOBUAYCO		PROFUNDIDAD	80 cm		
MUESTRA	8		COORDENADAS	784454.24 m E 9846674.98 m S		
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla		
LÍMITE LÍQUIDO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	133T	8t	12F	6T	1T	4B
Peso Recipiente + Suelo húmeda [Wm+rec]	21.43	24.37	31.05	26.94	44.96	49.68
Peso Recipiente + Suelo seco [Ws+rec]	18.72	20.76	26.45	23.22	41.64	45.61
Peso Recipiente [Rec]	11.6	11.45	11.6	11.56	30.29	31.54
Peso Agua [Ww]	2.71	3.61	4.60	3.72	3.32	4.07
Peso Suelo [Ws]	7.12	9.31	14.85	11.66	11.35	14.07
Contenido de humedad [w%]	38.06	38.78	30.98	31.90	29.25	28.93
Prom. Contenido humedad [w%]	38.42		31.44		29.09	
NÚMERO de golpes	7		18		37	
LÍMITE LÍQUIDO	30.69					
LÍMITE PLÁSTICO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	P5		M7			
Peso Recipiente [W Rec]	4.26		4.34		4.25	
Peso Recipiente + Suelo húmeda	4.95		5.04		5.03	
Peso Recipiente + Suelo seco	4.86		4.97		4.96	
Peso Agua	0.09		0.07		0.07	
Peso Suelo	0.60		0.63		0.71	
Contenido de humedad %	15.00		11.11		9.86	
LÍMITE PLÁSTICO	11.99					
IP=LL-LP			18.70			

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO		
SISTEMAS	SUCS	SC
	AASHTO	A-2-6

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 97. DENSIDAD DE CAMPO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DENSIDAD DE CAMPO					
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
PARROQUIA	LLIGUA		CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	LLIGUA-OSOHUAYCO		PROFUNDIDAD	80 cm	
MUESTRA	8		COORDENADAS	784454.24 m E 9846674.98 m S	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58					
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (W_m)					
Peso de la masa del suelo + funda (gr) [W _m + Rec]				1538.86	
Peso de funda (gr) [Rec]				6.60	
Peso de masa del suelo (gr) [W _m = W _m +Rec-Rec]				1532.26	
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE PERFORACIÓN EN EL SUELO (V_m)					
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)				3638.2	
Peso final frasco + cono + arena (gr)				872.4	
Peso arena en el cono (gr) [Calibración del cono]				1606.20	
Peso arena en la calicata(gr)				1159.60	
Densidad de Arena de Ottawa [Calibración de arena]				1.489	
Volumen de hueco V _m (cm ³)				778.78	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
Recipiente N°				101	
Peso recipiente + muestra húmeda (gr)				175.24	
Peso recipiente + muestra seca (gr)				167.94	
Peso recipiente				46.91	
Peso Agua (gr) [W _ω]				7.3	
Peso Sólidos (gr) [W _s]				121.03	
ω%				6.03	
PROMEDIO ω%				6.03	
DETERMINACIÓN FASE DE SUELO					
				Volumen	Peso
Volumen de vacíos			V_v =	19.55	-
V_a =			W_a =	12.25	0.00
V_w =			W_w =	7.30	7.30
V_s =			W_s =	45.67	121.03
V_m =			W_m =	65.22	128.33
DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE ÍNDICE DE SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ _m)				1.97	gr/cm³
Densidad seca (γ _d)				1.86	gr/cm ³
Contenido de humedad				6.03	%
Relación de vacíos				0.43	natural
Porosidad				29.98	%
Grado de saturación del agua				37.34	%
Grado de saturación del aire				62.66	%

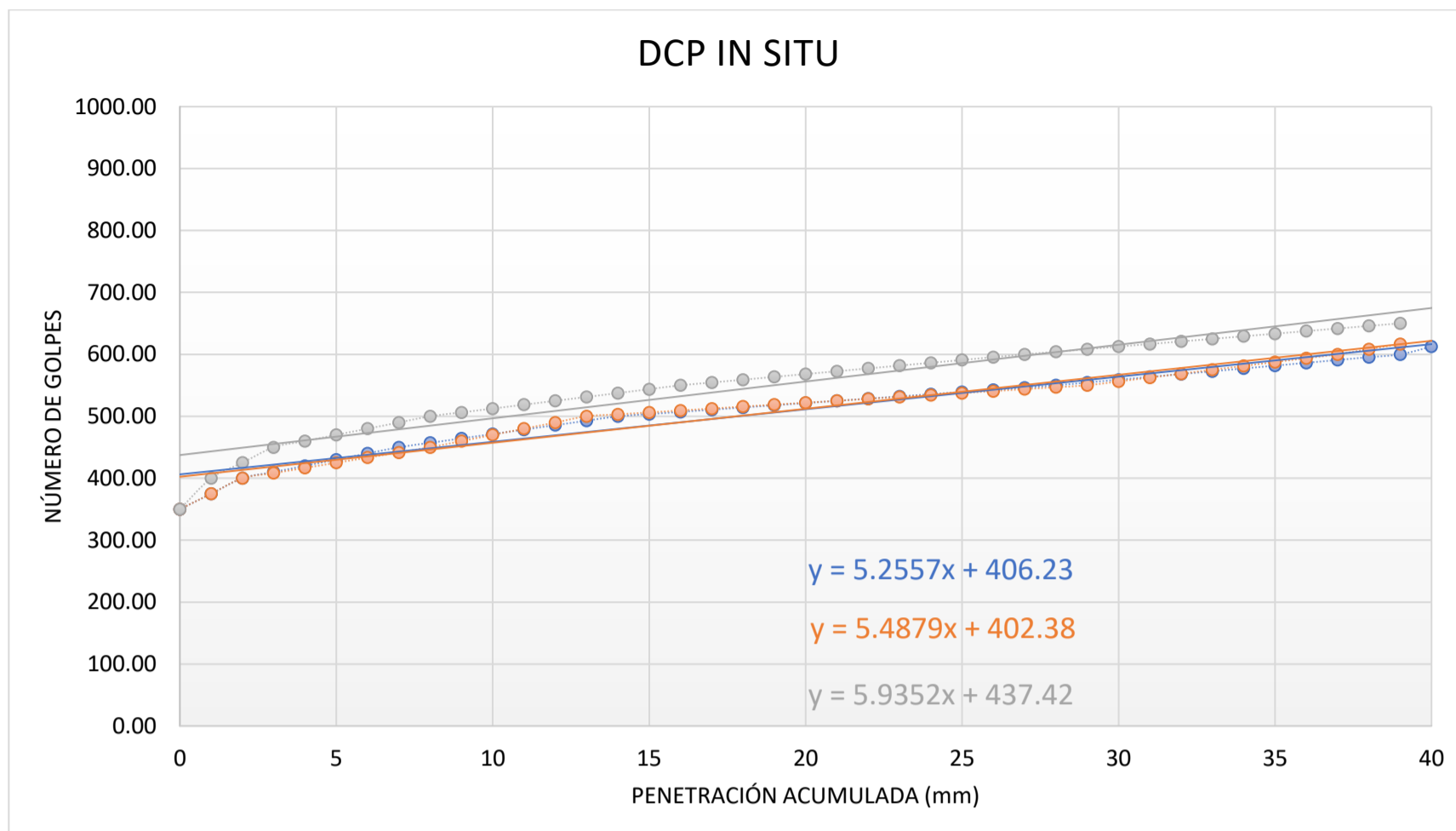
Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 98. DCP IN SITU

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP IN SITU			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	LLIGUA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	LLIGUA-OSOHUAYCO	PROFUNDIDAD	80cm
MUESTRA	8	COORDENADAS	784454.24 m E 9846674.98 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	ING.FAVIO PORTILLA
NORMA: ASTM D 6951-03			
NÚMERO DE GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	350.00	350.00	350.00
1	375.00	375.00	400.00
2	400.00	400.00	425.00
3	410.00	408.33	450.00
4	420.00	416.66	460.00
5	430.00	424.99	470.00
6	440.00	433.32	480.00
7	450.00	441.65	490.00
8	457.14	449.98	500.00
9	464.28	459.98	506.25
10	471.42	469.98	512.50
11	478.56	479.98	518.75
12	485.70	489.98	525.00
13	492.84	499.98	531.25
14	499.98	503.11	537.50
15	503.55	506.24	543.75
16	507.12	509.37	550.00
17	510.69	512.50	554.55
18	514.26	515.63	559.10
19	517.83	518.76	563.65
20	521.40	521.89	568.20
21	524.97	525.02	572.75
22	528.54	528.15	577.30
23	532.11	531.28	581.85
24	535.68	534.41	586.40
25	539.25	537.54	590.95
26	542.82	540.67	595.50
27	546.39	543.80	600.05
28	549.96	546.93	604.22
29	554.51	550.06	608.39
30	559.06	556.31	612.56
31	563.61	562.56	616.73
32	568.16	568.81	620.90
33	572.71	575.06	625.07
34	577.26	581.31	629.24
35	581.81	587.56	633.41
36	586.36	593.81	637.58
37	590.91	600.06	641.75
38	595.46	608.39	645.92
39	600.01	616.72	650.09
40	612.51		
41	625.01		
DN (mm/ golpe)	5.256	5.488	5.935

DN PROMEDIO (mm/golpe)	5.56
-------------------------------	-------------

Figura 56. DCP IN SITU



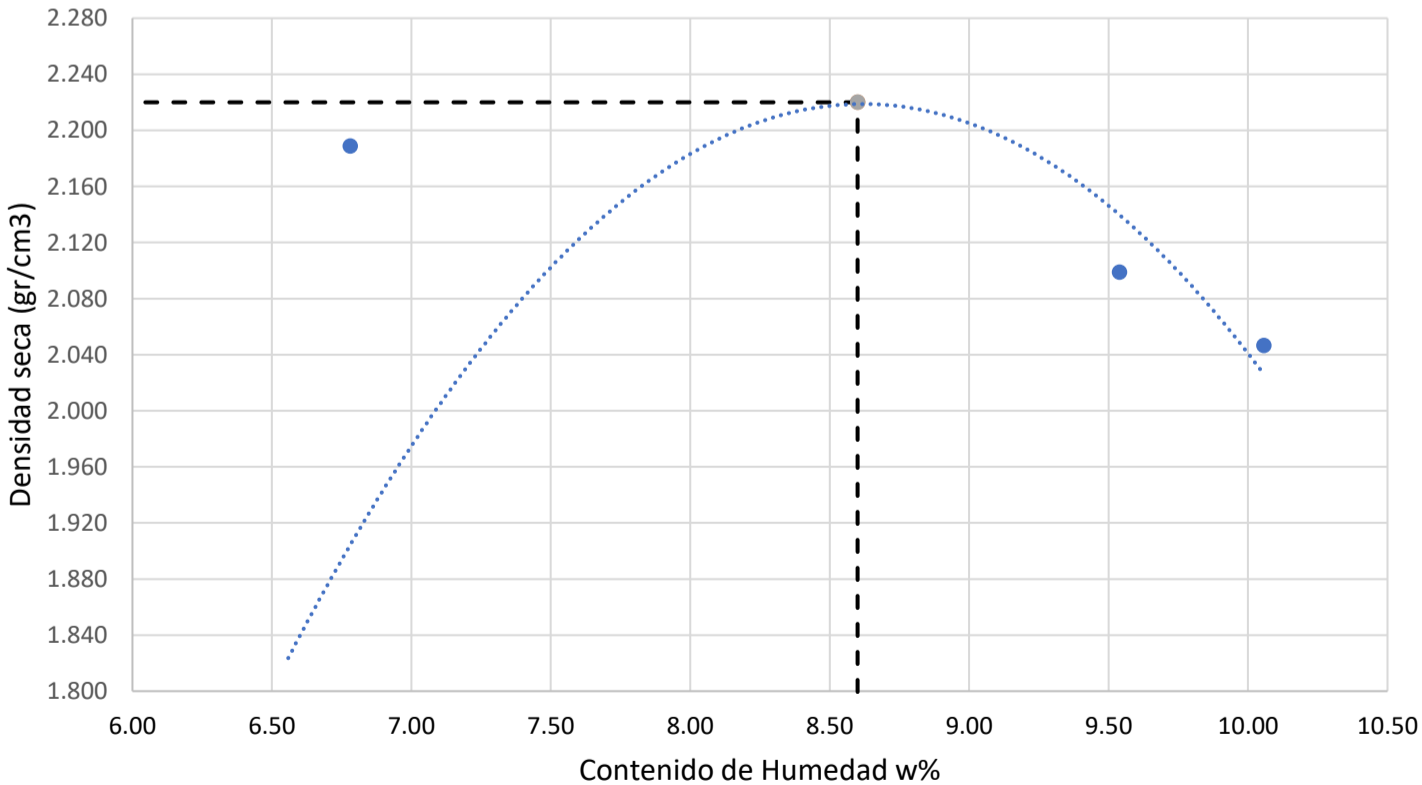
Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 99. GRAVEDAD ESPECÍFICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	LLIGUA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	LLIGUA-OSOHUAYCO	PROFUNDIDAD	80 cm
MUESTRA	8	COORDENADAS	784454.24 m E 9846674.98 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR	Ing. Favio Portilla
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58			
Picnómetro N°		ISO 06-14	
Temperatura agua + suelo		34.5	
Recipiente		F4	
Peso Recipiente + suelo seco		130.08	
Peso del Recipiente [Wr]		80.01	
Peso Suelo seco [Ws]		49.99	
Peso Picnómetro + agua [Wbw]		345.3	
Ws+Wbw		396.37	
Peso Picnómetro + agua + suelo [Wbws]		377.41	
Deslizamiento de agua [Ws+Wbw]-Wbws		18.96	
Factor correlación por temperatura		0.99425	
Gravedad Específica		2.780	

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 100. PROCTOR MODIFICADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PROCTOR MODIFICADO-B"										
PROYECTO:	TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.									
PARROQUIA:	LLIGUA	CAPA VEGETAL:	3 cm							
VÍA:	LLIGUA-OSOHUAYCO	PROFUNDIDAD:	80 cm							
MUESTRA:	8	COORDENADAS:	784454.24 m E 9846674.98 m S							
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	Ing. Favio Portilla							
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860										
ESPECIFICACIONES										
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)	5440					
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm ³)	2114					
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180	ASTM D1557	INEN	860				
Peso Inicial Deseado	5000		5000		5000	5000				
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN										
Ensayo Número	1	2	3	4	5					
Humedad inicial Añadida en cc	0	150	300	450	600					
Humedad inicial Añadida en %	-	-	-	-	-					
P. molde + suelo húmedo (gr)	10048.8	10250.4	10381.2	10300.4	10201.4					
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4608.80	4810.40	4941.20	4860.40	4761.40					
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	2.18	2.28	2.34	2.30	2.25					
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD										
Recipiente Número	6-A		D-8		C-5		R-4		C-2	
Peso del Recipiente W _r	38.37	39.5	46.89	48.02	47.96	49.09	43.08	44.21	43.41	44.54
Recipiente + suelo húmedo W _r +W _m	349.5	350.63	260.38	261.51	212.82	213.95	193.96	195.09	204.71	205.84
Recipiente + suelo seco W _s +W _m	341.52	342.65	247.24	248.37	202.35	203.48	180.82	181.95	189.97	191.1
Peso sólidos W _s	303.15	303.15	200.35	200.35	154.39	154.39	137.74	137.74	146.56	146.56
Peso del agua W _w	7.98	7.98	13.14	13.14	10.47	10.47	13.14	13.14	14.74	14.74
Contenido de Humedad w%	2.63	2.63	6.56	6.56	6.78	6.78	9.54	9.54	10.06	10.06
Promedio Contenido de Humedad w%	2.63		6.56		6.78		9.54		10.06	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	2.124		1.557		2.189		2.099		2.046	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA										
CURVA DE COMPACTACIÓN										
										
DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm ³)	2.22	G _c %	83.6	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	8.6					

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 101. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	LLIGUA		CAPA DE VEGETAL		3 cm	
VÍA	LLIGUA-OSOHUAYCO		PROF.		80 cm	
MUESTRA	8		COOR.		784454.24 m E 9846674.98 m S	
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA		REVISADO POR:		Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-180						
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO	PROCTOR MODIFICADO		PESO MARTILLO		15535	
PESO MUESTRA	5000		ALTURA CAÍDA		2316.7	
Contenido de Humedad óptimo [w% OPTIMO]	8.6		Densidad seca máxima [gr/cm3]		2.220	
ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
Molde	12		11		10	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		27		11	
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Número de molde	12		11		10	
Peso húmedo + molde [gr]	10387	10510	10256.8	10454.4	9642	9969.4
Peso Molde [gr]	5795.8	5795.8	5907.6	5907.6	5717.6	5717.6
Peso húmedo [gr]	4900.2	4975.4	4526.8	4710.6	3526.8	3710.6
Volumen de molde [cm3]	2002		2003		2004	
Densidad húmeda [gr/cm3]	2.448	2.485	2.260	2.352	1.760	1.852
Densidad Seca [gr/cm3]	2.161	2.170	1.962	1.949	1.534	1.522
Densidad Seca Promedio [gr/cm3]	2.165		1.955		1.528	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD						
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Recipiente Número	D-5	R-4	4A	2-F	R-4	W-3
Peso del Recipiente Wr	65.7	43.08	46.59	47.1	43.37	53.27
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	367.82	256.29	174.53	222.83	175.61	292.7
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	332.47	229.21	157.67	192.72	158.64	250.06
Peso sólidos Ws	266.77	186.13	111.08	145.62	115.27	196.79
Peso del agua Ww	35.35	27.08	16.86	30.11	16.97	42.64
Contenido de Humedad w%	13.25	14.55	15.18	20.68	14.72	21.67

ESPONJAMIENTO									
Molde	1			2			3		
LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		plg.	mm		plg.	mm		plg.	mm
ANTES	2.26	1.37	34.8	1.35	2.48	62.99	1.67	1.86	47.24
DESPUÉS	3.63			3.83			3.53		

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 102. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CBR: ENSAYO DE PENETRACIÓN															
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.															
PARROQUIA	LLIGUA						CAPA DE VEGETAL			3 cm					
VÍA	LLIGUA-OSOHUAYCO						PROFUNDIDAD			80 cm					
MUESTRA	8						COORDENADAS			784454.24 m E 9846674.98 m S					
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA						REVISADO POR			Ing. Favio Portilla					
NORMA: AASHTO: T-180															
MOLDE NÚMERO				7				8				9			
				(56 GOLPES)				(27 GOLPES)				(11 GOLPES)			
TIEMPO	PENET.		Q EST. (lb/in ²)	Q LECT	PRESIONES		CBR	Q LECT	PRESIONES		CBR	Q LECT	PRESIONES		CBR
MIN	SEG	"10-3		DIAL	LEIDA	CORR.		DIAL	LEIDA	CORR.		DIAL	LEIDA	CORR.	
					lb/plg.2		%		lb/plg.2		%		lb/plg.2		%
		0		0	0.00			0	0.00			0	0.00		
0	30	25		13.5	9.92			13.2	9.70			6.4	4.70		
1	0	50		25.2	18.51			19.5	14.33			9.5	6.98		
1	30	75		34.2	25.13			33.6	24.68			13.1	9.62		
2	0	100	1000	51.4	37.76	37.76	3.8	44.8	32.91	32.91	3.3	16	11.75	11.75	1.18
3	0	150		84	61.71			72.7	53.41			20.7	15.21		
4	0	200	15000	127.8	93.89	93.89	6.3	100.8	74.05	74.05	4.9	26.3	19.32	19.32	1.29
5	0	250		172.5	126.73			124.7	91.61			29.8	21.89		
6	0	300		214.5	157.59			148.1	108.80			34.7	25.49		
8	0	400		273.2	200.71			187.2	137.53			42.3	31.08		
10	0	500		326.2	239.65			207.1	152.15			50.1	36.81		

PENETRACIÓN VS PRESIÓN

% CBR vs DENSIDAD SECA

DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁXIMA			% CBR		
			0,1"	0,2"	in				0.1"	0.2"	MAYOR
(56 GOLPES)	2.165	gr/cm ³	3.8	6.3	%	2.207	gr/cm ³	3.6	5.8	5.8	
(27 GOLPES)	1.955	gr/cm ³	3.3	4.9	%						
(11 GOLPES)	1.528	gr/cm ³	1.2	1.3	%						
						95% DSM	2.097	gr/cm ³			

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 103.GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA					
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
PARROQUIA	LLIGUA		CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	LLIGUA-PONDOA		PROFUNDIDAD	80 cm	
MUESTRA	9		COORDENADAS	784191.53 m E 9844994.40 m S	
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58					
TAMIZ	mm	W retenido (gr)	W ret. Acumulado (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
# 4	4.76	7.60	7.60	1.51	98.49
# 8	2.38	6.00	13.6	2.70	97.30
# 10	2	1.40	15	2.98	97.02
# 16	1.19	6.20	21.2	4.21	95.79
# 30	0.595	24.60	45.8	9.09	90.91
# 40	0.42	32.80	78.6	15.60	84.40
# 50	0.297	85.00	163.6	32.47	67.53
# 60	0.25	13.60	177.2	35.16	64.84
# 100	0.149	128.60	305.8	60.68	39.32
# 200	0.074	102.00	407.8	80.93	19.07
FUENTE		80.40	488.20	96.88	3.12
TOTAL		407.80			
Peso retenido seco					503.92
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO REC + S . H	185.73		PESO TOTAL MUESTRA S.H	536.6	
PESO REC + S . S	180.41		PESO TOTAL MUESTRA S.S	503.92	
PESO REC	98.38				
PESO AGUA	5.32				
PESO SUELO	82.03				
W%	6.49				

COEFICIENTES DEL SUELO				
Diámetro efectivo (D10) en mm	Diámetro equiparable (D30) en mm	Diámetro dimensional (D60) en mm	Coefficiente de uniformidad (Cu)	Coefficiente de curvatura (Cc)
0.052	0.108	0.22	4.23	1.02


Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 104. LÍMITES DE ATTERBERG

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
LÍMITES						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	LLIGUA		CAPA DE VEGETAL	3 cm		
VÍA	LLIGUA-PONDOA		PROFUNDIDAD	80 cm		
MUESTRA	9		COORDENADAS	784191.53 m E 9844994.40 m S		
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla		
LÍMITE LÍQUIDO						
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	D1	P5	X-3	A5		
Peso Recipiente + Suelo húmeda [Wm+rec]	9.82	11.02	13.44	11.62	17.25	18.39
Peso Recipiente + Suelo seco [Ws+rec]	8.75	9.68	12.26	10.45	16.34	17.00
Peso Recipiente [Rec]	4.32	4.26	5.98	4.37	5.20	5.50
Peso Agua [Ww]	1.07	1.34	1.18	1.17	0.91	1.39
Peso Suelo [Ws]	4.43	5.42	6.28	6.08	11.14	11.50
Contenido de humedad [w%]	24.15	24.72	18.79	19.24	8.17	12.09
Prom. Contenido humedad [w%]	24.44		19.02		10.13	
NÚMERO de golpes	8		20		27	
LÍMITE LÍQUIDO	13.42					
LÍMITE PLÁSTICO						
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	1-A		A-8	X-7		
Peso Recipiente [W Rec]	4.30		4.36	4.33		
Peso Recipiente + Suelo húmeda	5.82		5.63	6.01		
Peso Recipiente + Suelo seco	5.57		5.35	5.66		
Peso Agua	0.25		0.28	0.35		
Peso Suelo	1.27		0.99	1.33		
Contenido de humedad %	19.69		28.28	26.32		
LÍMITE PLÁSTICO	24.76					
IP=LL-LP			-11.34			

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO		
SISTEMAS	SUCS	SM-NO PLÁSTICO
	AASHTO	A-3

Tabla 105. DENSIDAD DE CAMPO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DENSIDAD DE CAMPO					
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
PARROQUIA	LLIGUA		CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	LLIGUA-PONDOA		PROFUNDIDAD	80 cm	
MUESTRA	9		COORDENADAS	784191.53 m E 9844994.40 m S	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58					
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)					
Peso de la masa del suelo + funda (gr) [Wm + Rec]				1312.26	
Peso de funda (gr) [Rec]				6.60	
Peso de masa del suelo (gr) [Wm= Wm+Rec-Rec]				1305.66	
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)					
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)				3672.20	
Peso final frasco + cono + arena (gr)				802.40	
Peso arena en el cono (gr) [Calibración del cono]				1606.20	
Peso arena en la calicata(gr)				1263.60	
Densidad de Arena de Ottawa [Calibración de arena]				1.489	
Volumen de hueco Vm (cm ³)				848.62	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
Recipiente N°				101	
Peso recipiente + muestra húmeda (gr)				185.73	
Peso recipiente + muestra seca (gr)				180.41	
Peso recipiente				98.38	
Peso Agua (gr) [W _ω]				5.32	
Peso Sólidos (gr) [W _s]				82.03	
ω%				6.49	
PROMEDIO ω%				6.49	
DETERMINACIÓN FASE DE SUELO					
				Volumen	Peso
Volumen de vacíos			V_v =	25.82	-
V_a =			W_a =	20.50	0.00
V_w =			W_w =	5.32	5.32
V_s =			W_s =	30.95	82.03
V_m =			W_m =	56.77	87.35
DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE ÍNDICE DE SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ _m)				1.54	gr/cm³
Densidad seca (γ _d)				1.44	gr/cm ³
Contenido de humedad				6.49	%
Relación de vacíos				0.83	natural
Porosidad				45.48	%
Grado de saturación del agua				20.60	%
Grado de saturación del aire				79.40	%

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 106. DCP IN SITU

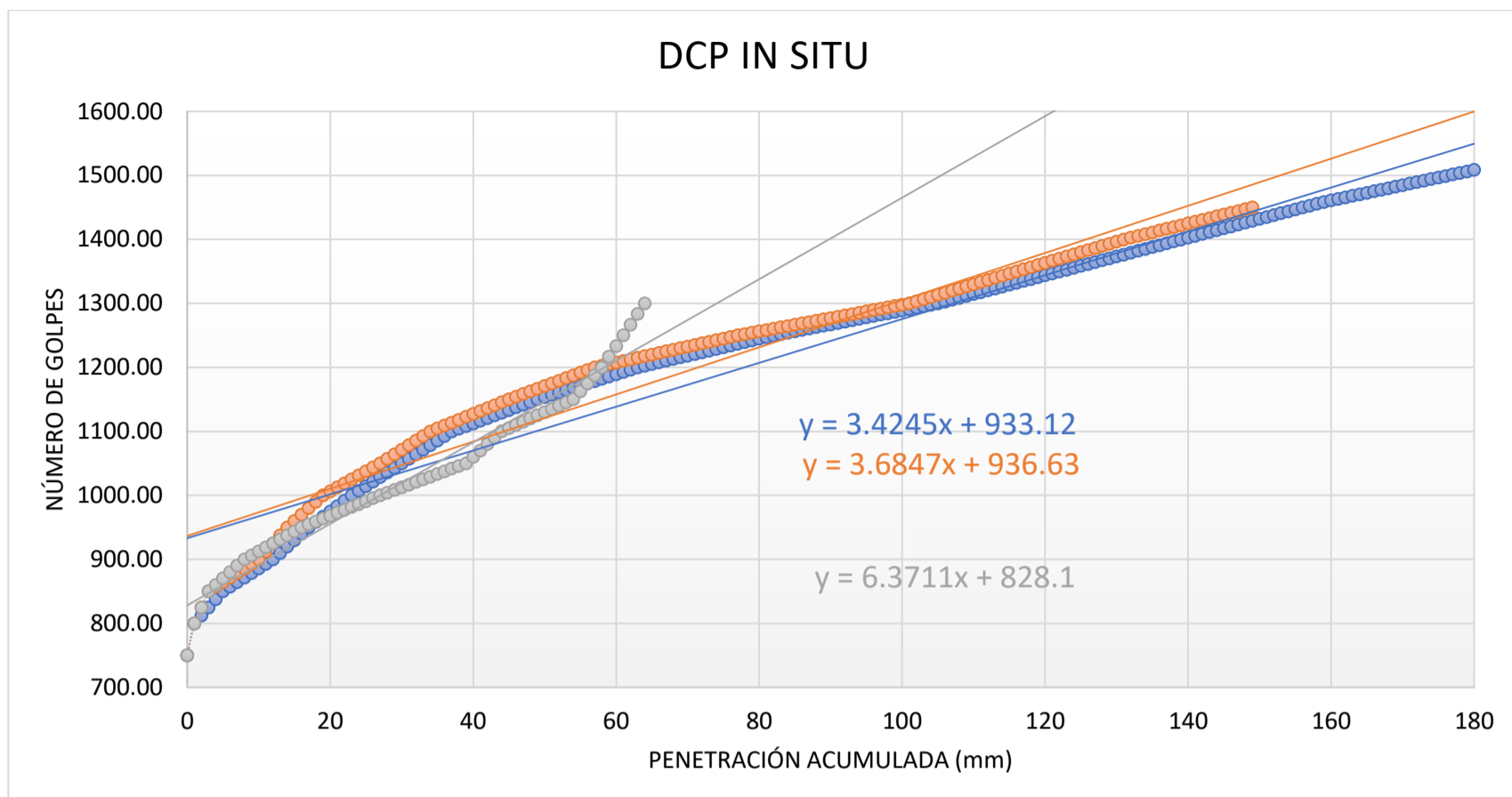
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP IN SITU			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	LLIGUA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	LLIGUA-PONDOA	PROFUNDIDAD	80cm
MUESTRA	9	COORDENADAS	784191.53 m E 9844994.40 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	ING. FAVIO PORTILLA
NORMA: ASTM D 6951-03			
NÚMERO DE GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	750.00	750.00	750.00
1	800.00	800.00	800.00
2	812.50	825.00	825.00
3	825.00	850.00	850.00
4	837.50	857.14	860.00
5	850.00	864.28	870.00
6	857.14	871.42	880.00
7	864.28	878.56	890.00
8	871.42	885.70	900.00
9	878.56	892.84	906.25
10	885.70	899.98	912.50
11	892.84	912.48	918.75
12	899.98	924.98	925.00
13	909.98	937.48	931.25
14	919.98	949.98	937.50
15	929.98	959.98	943.75
16	939.98	969.98	950.00
17	949.98	979.98	954.55
18	958.31	989.98	959.10
19	966.64	999.98	963.65
20	974.97	1006.23	968.20
21	983.30	1012.48	972.75
22	991.63	1018.73	977.30
23	999.96	1024.98	981.85
24	1007.10	1031.23	986.40
25	1014.24	1037.48	990.95
26	1021.38	1043.73	995.50
27	1028.52	1049.98	1000.05
28	1035.66	1057.12	1004.22
29	1042.80	1064.26	1008.39
30	1049.94	1071.40	1012.56
31	1057.08	1078.54	1016.73
32	1064.22	1085.68	1020.90
33	1071.36	1092.82	1025.07
34	1078.50	1099.96	1029.24
35	1085.64	1104.51	1033.41
36	1092.78	1109.06	1037.58
37	1099.92	1113.61	1041.75
38	1104.09	1118.16	1045.92
39	1108.26	1122.71	1050.09
40	1112.43	1127.26	1060.09
41	1116.60	1131.81	1070.09
42	1120.77	1136.36	1080.09
43	1124.94	1140.91	1090.09
44	1129.11	1145.46	1100.09
45	1133.28	1150.01	1105.09
46	1137.45	1154.18	1110.09
47	1141.62	1158.35	1115.09
48	1145.79	1162.52	1120.09

49	1149.96	1166.69	1125.09
50	1153.53	1170.86	1130.09
51	1157.10	1175.03	1135.09
52	1160.67	1179.20	1140.09
53	1164.24	1183.37	1145.09
54	1167.81	1187.54	1150.09
55	1171.38	1191.71	1162.59
56	1174.95	1195.88	1175.09
57	1178.52	1200.05	1187.59
58	1182.09	1202.55	1200.09
59	1185.66	1205.05	1216.76
60	1189.23	1207.55	1233.43
61	1192.80	1210.05	1250.10
62	1196.37	1212.55	1266.77
63	1199.94	1215.05	1283.44
64	1202.57	1217.55	1300.11
65	1205.20	1220.05	
66	1207.83	1222.55	
67	1210.46	1225.05	
68	1213.09	1227.55	
69	1215.72	1230.05	
70	1218.35	1232.55	
71	1220.98	1235.05	
72	1223.61	1237.55	
73	1226.24	1240.05	
74	1228.87	1242.55	
75	1231.50	1245.05	
76	1234.13	1247.55	
77	1236.76	1250.05	
78	1239.39	1252.13	
79	1242.02	1254.21	
80	1244.65	1256.29	
81	1247.28	1258.37	
82	1249.91	1260.45	
83	1252.08	1262.53	
84	1254.25	1264.61	
85	1256.42	1266.69	
86	1258.59	1268.77	
87	1260.76	1270.85	
88	1262.93	1272.93	
89	1265.10	1275.01	
90	1267.27	1277.09	
91	1269.44	1279.17	
92	1271.61	1281.25	
93	1273.78	1283.33	
94	1275.95	1285.41	
95	1278.12	1287.49	
96	1280.29	1289.57	
97	1282.46	1291.65	
98	1284.63	1293.73	
99	1286.80	1295.81	
100	1288.97	1297.89	
101	1291.14	1299.97	
102	1293.31	1303.30	
103	1295.48	1306.63	
104	1297.65	1309.96	
105	1299.82	1313.29	
106	1302.76	1316.62	
107	1305.70	1319.95	
108	1308.64	1323.28	
109	1311.58	1326.61	
110	1314.52	1329.94	
111	1317.46	1333.27	
112	1320.40	1336.60	
113	1323.34	1339.93	
114	1326.28	1343.26	
115	1329.22	1346.59	
116	1332.16	1349.92	
117	1335.10	1353.25	

118	1338.04	1356.58	
119	1340.98	1359.91	
120	1343.92	1363.24	
121	1346.86	1366.57	
122	1349.80	1369.90	
123	1352.74	1373.23	
124	1355.68	1376.56	
125	1358.62	1379.89	
126	1361.56	1383.22	
127	1364.50	1386.55	
128	1367.44	1389.88	
129	1370.38	1393.21	
130	1373.32	1396.54	
131	1376.26	1399.87	
132	1379.20	1402.65	
133	1382.14	1405.43	
134	1385.08	1408.21	
135	1388.02	1410.99	
136	1390.96	1413.77	
137	1393.90	1416.55	
138	1396.84	1419.33	
139	1399.78	1422.11	
140	1402.72	1424.89	
141	1405.66	1427.67	
142	1408.60	1430.45	
143	1411.54	1433.23	
144	1414.48	1436.01	
145	1417.42	1438.79	
146	1420.36	1441.57	
147	1423.30	1444.35	
148	1426.24	1447.13	
149	1429.18	1449.91	
150	1432.12		
151	1435.06		
152	1438.00		
153	1440.94		
154	1443.88		
155	1446.82		
156	1449.76		
157	1452.70		
158	1455.64		
159	1458.58		
160	1460.96		
161	1463.34		
162	1465.72		
163	1468.10		
164	1470.48		
165	1472.86		
166	1475.24		
167	1477.62		
168	1480.00		
169	1482.38		
170	1484.76		
171	1487.14		
172	1489.52		
173	1491.90		
174	1494.28		
175	1496.66		
176	1499.04		
177	1501.42		
178	1503.80		
179	1506.18		
180	1508.56		
DN (mm/ golpe)	3.425	3.685	6.371

DN PROMEDIO (mm/golpe)	4.49
-------------------------------	-------------

Figura 57. DCP IN SITU



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 107. GRAVEDAD ESPECÍFICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	LLIGUA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	LLIGUA-PONDOA	PROFUNDIDAD	80 cm
MUESTRA	9	COORDENADAS	784191.53 m E 9844994.40 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR	Ing. Favio Portilla
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58			
Picnómetro N°			ISO 06-14
Temperatura agua + suelo			24.90
Recipiente			F4
Peso Recipiente + suelo seco			120.00
Peso del Recipiente [Wr]			72.18
Peso Suelo seco [Ws]			47.82
Peso Picnómetro + agua [Wbw]			345.30
Ws+Wbw			393.12
Peso Picnómetro + agua + suelo [Wbws]			374.90
Deslizamiento de agua [Ws+Wbw]-Wbws			18.22
Factor correlación por temperatura			0.99712
Gravedad Específica			2.617

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 108. PROCTOR MODIFICADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PROCTOR MODIFICADO-B"										
PROYECTO:	TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.									
PARROQUIA:	LLIGUA	CAPA VEGETAL:	3 cm							
VÍA:	LLIGUA-PONDOA	PROFUNDIDAD:	80 cm							
MUESTRA:	9	COORDENADAS:	784191.53 m E 9844994.40 m S							
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	Ing. Favio Portilla							
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860										
ESPECIFICACIONES										
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)	5440					
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm3)	2114					
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180	ASTM D1557	INEN 860					
Peso Inicial Deseado	5000	5000	5000	5000	5000					
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN										
Ensayo Número	1	2	3	4	5					
Humedad inicial Añadida en cc	0	250	500	750	1000					
Humedad inicial Añadida en %	-	-	-	-	-					
P. molde + suelo húmedo (gr)	8997.80	9005.00	9392.00	9528.40	9464.40					
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3557.80	3565.00	3952.00	4088.40	4024.40					
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm3)	1.68	1.69	1.87	1.93	1.90					
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD										
Recipiente Número	R-5	W-2	E-6	S-1	D8					
Peso del Recipiente Wr	43.07	44.20	53.96	55.09	41.81	42.94	73.78	74.91	72.17	73.30
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	196.63	197.76	193.73	194.86	134.82	135.95	202.00	203.13	197.61	198.74
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	195.14	196.27	185.05	186.18	125.83	126.96	184.95	186.08	176.79	177.92
Peso sólidos Ws	152.07	152.07	131.09	131.09	84.02	84.02	111.17	111.17	104.62	104.62
Peso del agua Ww	1.49	1.49	8.68	8.68	8.99	8.99	17.05	17.05	20.82	20.82
Contenido de Humedad w%	0.98	0.98	6.62	6.62	10.70	10.70	15.34	15.34	19.90	19.90
Promedio Contenido de Humedad w%	0.98		6.62		10.70		15.34		19.90	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm3)	1.667		1.557		1.689		1.677		1.588	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA										
CURVA DE COMPACTACIÓN										
DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm3)	1.698	Gc %	85.1	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	13.5					

Tabla 109. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	LLIGUA		CAPA DE VEGETAL		3 cm	
VÍA	LLIGUA PONDOA		PROF.		80 cm	
MUESTRA	9		COOR.		784191.53 m E 9844994.40 m S	
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA		REVISADO POR:		Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-180						
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO	PROCTOR MODIFICADO		PESO MARTILLO		15535	
PESO MUESTRA	5000		ALTURA CAÍDA		2316.7	
Contenido de Humedad óptimo [w% OPTIMO]	13.5		Densidad seca máxima [gr/cm3]		1.698	
ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
Molde	12		11		10	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		27		11	
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Número de molde	12		11		10	
Peso húmedo + molde [gr]	10129.6	10479.6	9941.6	10346.6	9759	10238.4
Peso Molde [gr]	5795.8	5795.8	5907.6	5907.6	5717.6	5717.6
Peso húmedo [gr]	4900.2	4975.4	4526.8	4710.6	3526.8	3710.6
Volumen de molde [cm3]	2100		2100		2100	
Densidad húmeda [gr/cm3]	2.333	2.369	2.156	2.243	1.679	1.767
Densidad Seca [gr/cm3]	2.144	1.958	1.993	1.927	1.558	1.548
Densidad Seca Promedio [gr/cm3]	2.051		1.960		1.553	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD						
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Recipiente Número	C-5	P-5	6-A	D-1	C8	E-6
Peso del Recipiente Wr	45.91	39.73	38.25	43.98	42.72	43.27
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	158.01	283.62	167.14	277.38	207.80	248.75
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	148.92	241.32	157.42	244.46	195.86	223.26
Peso sólidos Ws	103.01	201.59	119.17	200.48	153.14	179.99
Peso del agua Ww	9.09	42.30	9.72	32.92	11.94	25.49
Contenido de Humedad w%	8.82	20.98	8.16	16.42	7.80	14.16

ESPONJAMIENTO									
Molde	1			2			3		
	LECTURA	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
DIAL		plg.	mm		plg.	mm		plg.	mm
ANTES	2.63	0.3	7.62	3	1.67	42.42	5.14	0.84	21.34
DESPUÉS	2.93			4.67			5.98		

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 110. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CBR: ENSAYO DE PENETRACIÓN																		
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.																		
PARROQUIA	LLIGUA						CAPA DE VEGETAL			3 cm								
VÍA	LLIGUA PONDOA						PROFUNDIDAD			80 cm								
MUESTRA	9						COORDENADAS			784191.53 m E 9844994.40 m S								
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA						REVISADO POR			Ing. Favio Portilla								
NORMA: AASHTO: T-180																		
MOLDE NÚMERO			7				8				9							
			(56 GOLPES)				(27 GOLPES)				(11 GOLPES)							
TIEMPO MIN	PENET.		Q EST. (lb/in ²)	Q LECT		PRESIONES		CBR	Q LECT		PRESIONES		CBR	Q LECT		PRESIONES		CBR
	SEG	"10-3		DIAL	LEIDA	CORR.	DIAL		LEIDA	CORR.	DIAL	LEIDA		CORR.				
					lb/plg.2		%			lb/plg.2		%			lb/plg.2		%	
		0		0.00	0.00			0	0.00				0	0.00				
0	30	25		97.40	71.56			50.5	37.10				13.7	10.06				
1	0	50		249.50	183.30			102.4	75.23				34.5	25.35				
1	30	75		423.30	310.98			180	132.24				56.9	41.80				
2	0	100	1000	574.60	422.14	422.14	42.2	257.80	189.40	189.40	18.9	75.70	55.61	55.61	5.56			
3	0	150		805.60	591.85			384	282.11				108.8	79.93				
4	0	200	15000	891.30	654.81	654.81	43.7	475.2	349.11	349.11	23.3	137.6	101.09	101.09	6.74			
5	0	250		995.20	731.14			579.8	425.96				163.3	119.97				
6	0	300		1046.10	768.53			657.4	482.97				189.7	139.37				
8	0	400		1143.20	839.87			786.3	577.67				245.3	180.21				
10	0	500		1258.50	924.58			858.6	630.78				295.3	216.95				

PENETRACIÓN VS PRESIÓN

% CBR vs DENSIDAD SECA

DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁXIMA			% CBR		
			0,1"	0,2"	in				0.1"	0.2"	MAYOR
(56 GOLPES)	2.051	gr/cm ³	42.2	43.7	%	1.698	gr/cm ³	7.4	9	9	
(27 GOLPES)	1.960	gr/cm ³	18.9	23.3	%						
(11 GOLPES)	1.553	gr/cm ³	5.6	6.7	%						
						95% DSM	1.613	gr/cm ³			

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 111. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA					
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
PARROQUIA	LLIGUA		CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	LLIGUA-PONDOA		PROFUNDIDAD	80 cm	
MUESTRA	10		COORDENADAS	783777.50 m E 9844423.99 m S	
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58					
TAMIZ	mm	W retenido (gr)	W ret. Acumulado (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
# 4	4.76	166.6	166.60	34.73	65.27
# 8	2.38	22.8	189.4	39.49	60.51
# 10	2	4.8	194.2	40.49	59.51
# 16	1.19	14.4	208.6	43.49	56.51
# 30	0.595	23.2	231.8	48.33	51.67
# 40	0.42	13.2	245	51.08	48.92
# 50	0.297	19.6	264.6	55.17	44.83
# 60	0.25	5.4	270	56.29	43.71
# 100	0.149	81	351	73.18	26.82
# 200	0.074	31.8	382.8	79.81	20.19
FUENTE		3	385.80	80.44	19.56
TOTAL		382.80			
Peso retenido seco					479.64
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO REC + S . H	135.02		PESO TOTAL MUESTRA S.H	519.8	
PESO REC + S . S	127.84		PESO TOTAL MUESTRA S.S	479.64	
PESO REC	42.09				
PESO AGUA	7.18				
PESO SUELO	85.75				
W%	8.37				

COEFICIENTES DEL SUELO				
Diámetro efectivo (D10) en mm	Diámetro equiparable (D30) en mm	Diámetro dimensional (D60) en mm	Coefficiente de uniformidad (Cu)	Coefficiente de curvatura (Cc)
0.026	0.160	2.2	84.62	0.45


Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 112. LÍMITES DE ATTERBERG

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	LLIGUA		CAPA DE VEGETAL	3 cm		
VÍA	LLIGUA-PONDOA		PROFUNDIDAD	80 cm		
MUESTRA	10		COORDENADAS	784191.53 m E 9844994.40 m S		
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla		
LÍMITE LÍQUIDO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	6t	8t	12F	11F	6T	8T
Peso Recipiente + Suelo húmeda [Wm+rec]	17.05	16.77	20.55	24.17	15.99	16.84
Peso Recipiente + Suelo seco [Ws+rec]	15.25	15.05	17.74	20.06	13.05	13.21
Peso Recipiente [Rec]	11.54	11.45	11.6	11.22	5.98	5.81
Peso Agua [Ww]	1.80	1.72	2.81	4.11	2.94	3.63
Peso Suelo [Ws]	3.71	3.60	6.14	8.84	7.07	7.40
Contenido de humedad [w%]	48.52	47.78	45.77	46.49	41.58	49.05
Prom. Contenido humedad [w%]	48.15		46.13		45.32	
NÚMERO de golpes	9		20		49	
LÍMITE LÍQUIDO	46.22					
LÍMITE PLÁSTICO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	X-5		A-2	A-3		
Peso Recipiente [W Rec]	4.3		4.36	4.33		
Peso Recipiente + Suelo húmeda	7.81		7.63	7.85		
Peso Recipiente + Suelo seco	6.69		6.58	6.72		
Peso Agua	1.12		1.05	1.13		
Peso Suelo	2.39		2.22	2.39		
Contenido de humedad %	46.86		47.30	47.28		
LÍMITE PLÁSTICO	47.15					
IP=LL-LP			-0.93			

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO		
SISTEMAS	SUCS	SM NO PLÁSTICO
	AASHTO	A-3

Tabla 113. DENSIDAD DE CAMPO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DENSIDAD DE CAMPO					
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
PARROQUIA	LLIGUA		CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	LLIGUA PONDOA		PROFUNDIDAD	80 cm	
MUESTRA	10		COORDENADAS	783777.50 m E 9844423.99 m S	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58					
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)					
Peso de la masa del suelo + funda (gr) [Wm + Rec]				1598.86	
Peso de funda (gr) [Rec]				6.60	
Peso de masa del suelo (gr) [Wm= Wm+Rec-Rec]				1592.26	
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)					
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)				3566.4	
Peso final frasco + cono + arena (gr)				412.6	
Peso arena en el cono (gr) [Calibración del cono]				1606.20	
Peso arena en la calicata(gr)				1547.60	
Densidad de Arena de Ottawa [Calibración de arena]				1.489	
Volumen de hueco Vm (cm3)				1039.36	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
Recipiente N°			101		
Peso recipiente + muestra húmeda (gr)			135.02		
Peso recipiente + muestra seca (gr)			127.84		
Peso recipiente			42.09		
Peso Agua (gr) [W _ω]			7.18		
Peso Sólidos (gr) [W _s]			85.75		
ω%			8.37		
PROMEDIO ω%			8.37		
DETERMINACIÓN FASE DE SUELO					
				Volumen	Peso
Volumen de vacíos			V_v =	28.30	-
V_a =			W_a =	21.12	0.00
V_w =			W_w =	7.18	7.18
V_s =			W_s =	32.36	85.75
V_m =			W_m =	60.66	92.93
DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE ÍNDICE DE SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ _m)			1.53 gr/cm3		
Densidad seca (γ _d)			1.41 gr/cm3		
Contenido de humedad			8.37 %		
Relación de vacíos			0.87 natural		
Porosidad			46.66 %		
Grado de saturación del agua			25.37 %		
Grado de saturación del aire			74.63 %		

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 114. DCP IN SITU

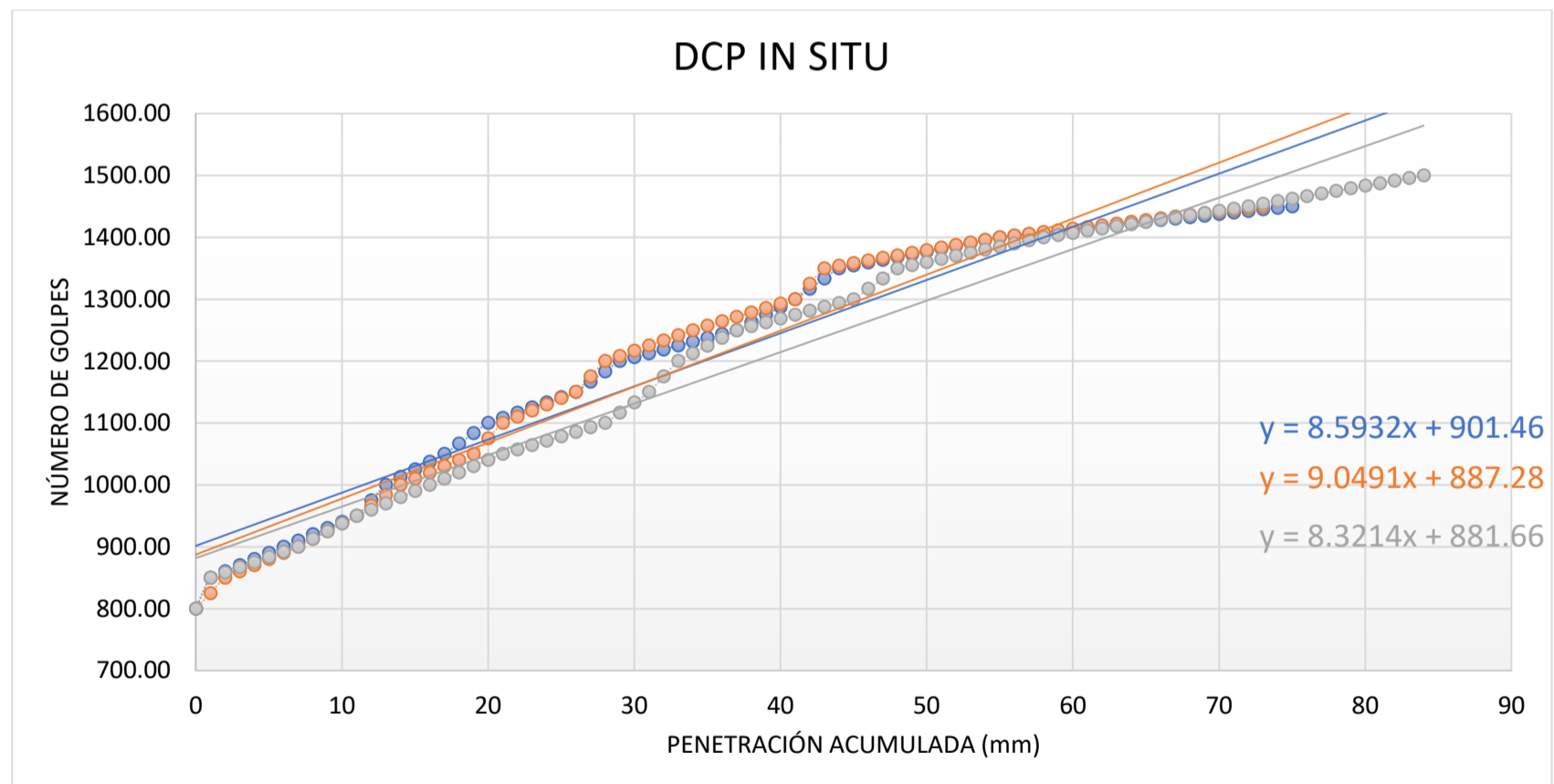
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP IN SITU			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	LLIGUA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	LLIGUA-PONDOA	PROFUNDIDAD	80cm
MUESTRA	10	COORDENADAS	783777.50 m E 9844423.99 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	ING. FAVIO PORTILLA
NORMA: ASTM D 6951-03			
NÚMERO DE GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	800.00	800.00	800.00
1	850.00	825.00	850.00
2	860.00	850.00	858.33
3	870.00	860.00	866.66
4	880.00	870.00	874.99
5	890.00	880.00	883.32
6	900.00	890.00	891.65
7	910.00	900.00	899.98
8	920.00	912.50	912.48
9	930.00	925.00	924.98
10	940.00	937.50	937.48
11	950.00	950.00	949.98
12	975.00	966.67	959.98
13	1000.00	983.34	969.98
14	1012.50	1000.01	979.98
15	1025.00	1010.01	989.98
16	1037.50	1020.01	999.98
17	1050.00	1030.01	1009.98
18	1066.67	1040.01	1019.98
19	1083.34	1050.01	1029.98
20	1100.01	1075.01	1039.98
21	1108.34	1100.01	1049.98
22	1116.67	1110.01	1057.12
23	1125.00	1120.01	1064.26
24	1133.33	1130.01	1071.40
25	1141.66	1140.01	1078.54
26	1149.99	1150.01	1085.68
27	1166.66	1175.01	1092.82
28	1183.33	1200.01	1099.96
29	1200.00	1208.34	1116.63
30	1206.25	1216.67	1133.30
31	1212.50	1225.00	1149.97
32	1218.75	1233.33	1174.97
33	1225.00	1241.66	1199.97
34	1231.25	1249.99	1212.47
35	1237.50	1257.13	1224.97
36	1243.75	1264.27	1237.47
37	1250.00	1271.41	1249.97
38	1262.50	1278.55	1256.22
39	1275.00	1285.69	1262.47
40	1287.50	1292.83	1268.72
41	1300.00	1299.97	1274.97
42	1316.67	1324.97	1281.22
43	1333.34	1349.97	1287.47
44	1350.01	1354.14	1293.72
45	1354.56	1358.31	1299.97
46	1359.11	1362.48	1316.64
47	1363.66	1366.65	1333.31
48	1368.21	1370.82	1349.98
49	1372.76	1374.99	1354.98
50	1377.31	1379.16	1359.98
51	1381.86	1383.33	1364.98
52	1386.41	1387.50	1369.98
53	1390.96	1391.67	1374.98
54	1395.51	1395.84	1379.98
55	1400.06	1400.01	1384.98

56	1402.56	1402.79	1389.98
57	1405.06	1405.57	1394.98
58	1407.56	1408.35	1399.98
59	1410.06	1411.13	1403.55
60	1412.56	1413.91	1407.12
61	1415.06	1416.69	1410.69
62	1417.56	1419.47	1414.26
63	1420.06	1422.25	1417.83
64	1422.56	1425.03	1421.40
65	1425.06	1427.81	1424.97
66	1427.56	1430.59	1428.54
67	1430.06	1433.37	1432.11
68	1432.56	1436.15	1435.68
69	1435.06	1438.93	1439.25
70	1437.56	1441.71	1442.82
71	1440.06	1444.49	1446.39
72	1442.56	1447.27	1449.96
73	1445.06	1450.05	1454.13
74	1447.56		1458.30
75	1450.06		1462.47
76			1466.64
77			1470.81
78			1474.98
79			1479.15
80			1483.32
81			1487.49
82			1491.66
83			1495.83
84			1500.00
DN (mm/ golpe)	8.593	9.049	8.321

DN PROMEDIO (mm/golpe)	8.65
-------------------------------	-------------

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Figura 58. DCP IN SITU



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 115. GRAVEDAD ESPECÍFICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	LLIGUA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	LLIGUA-PONDOA	PROFUNDIDAD	80 cm
MUESTRA	10	COORDENADAS	783777.50 m E 9844423.99 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR	Ing. Favio Portilla
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58			
Picnómetro N°		ISO 06-14	
Temperatura agua + suelo		28.3	
Recipiente		F4	
Peso Recipiente + suelo seco		130.08	
Peso del Recipiente [Wr]		73.56	
Peso Suelo seco [Ws]		56.52	
Peso Picnómetro + agua [Wbw]		345.3	
Ws+Wbw		401.82	
Peso Picnómetro + agua + suelo [Wbws]		375.08	
Deslizamiento de agua [Ws+Wbw]-Wbws		26.74	
Factor correlación por temperatura		0.99621	
Gravedad Específica		2.106	

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 116. PROCTOR MODIFICADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PROCTOR MODIFICADO-B"										
PROYECTO:	TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.									
PARROQUIA:	LLIGUA	CAPA VEGETAL:	3 cm							
VÍA:	LLIGUA-PONDOA	PROFUNDIDAD:	80 cm							
MUESTRA:	10	COORDENADAS:	783777.50 m E 9844423.99 m S							
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	Ing. Favio Portilla							
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860										
ESPECIFICACIONES										
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)	5440					
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm ³)	2114					
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180	ASTM D1557	INEN 860					
Peso Inicial Deseado	5000		5000		5000		5000			
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN										
Ensayo Número	1	2	3	4	5					
Humedad inicial Añadida en cc	0	300	600	900	1200					
Humedad inicial Añadida en %	-	-	-	-	-					
P. molde + suelo húmedo (gr)	9094.6	9140.6	9409.6	9531.6	9545.6					
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3654.60	3700.60	3969.60	4091.60	4105.60					
Peso unitario húmedo γm (gr/cm ³)	1.73	1.75	1.88	1.94	1.94					
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD										
Recipiente Número	D-3		1-T		11-B		4B		1-P3	
Peso del Recipiente Wr	27.5	28.63	30.3	31.43	26.91	28.04	31.61	32.74	33	34.13
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	161.77	162.9	121.44	122.57	114.56	115.69	113.01	114.14	156.6	157.73
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	158.34	159.47	115.18	116.31	104.74	105.87	99.58	100.71	132.2	133.33
Peso sólidos Ws	130.84	130.84	84.88	84.88	77.83	77.83	67.97	67.97	99.20	99.20
Peso del agua Ww	3.43	3.43	6.26	6.26	9.82	9.82	13.43	13.43	24.40	24.40
Contenido de Humedad w%	2.62	2.62	7.38	7.38	12.62	12.62	19.76	19.76	24.60	24.60
Promedio Contenido de Humedad w%	2.62		7.38		12.62		19.76		24.60	
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm ³)	1.685		1.630		1.667		1.616		1.559	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA										
CURVA DE COMPACTACIÓN										
DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm ³)	1.659	Gc %	12.9	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	12.9					

Tabla 117. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	LLIGUA		CAPA DE VEGETAL		3 cm	
VÍA	LLIGUA PONDOA		PROF.		80 cm	
MUESTRA	10		COOR.		783777.50 m E 9844423.99 m S	
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA		REVISADO POR:		Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-180						
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO	PROCTOR MODIFICADO		PESO MARTILLO		15535	
PESO MUESTRA	5000		ALTURA CAÍDA		2316.7	
Contenido de Humedad óptimo [w% OPTIMO]	12.9		Densidad seca máxima [gr/cm3]		1.659	
ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
Molde	15		18		44	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		27		11	
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Número de molde	15		18		44	
Peso húmedo + molde [gr]	9468.2	9890.6	9283	9781.8	8993.6	9549.6
Peso Molde [gr]	5792.8	5792.8	5906.6	5906.6	5711.2	5711.2
Peso húmedo [gr]	3675.4	4097.8	3376.4	3875.2	3282.4	3838.4
Volumen de molde [cm3]	2091.2		2091.2		2091.2	
Densidad húmeda [gr/cm3]	1.758	1.960	1.615	1.853	1.570	1.836
Densidad Seca [gr/cm3]	1.581	1.554	1.435	1.534	1.352	1.412
Densidad Seca Promedio [gr/cm3]	1.568		1.485		1.382	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD						
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Recipiente Número	S-1	D-7	D8	M8	D6	S-1
Peso del Recipiente Wr	73.68	46.37	71.86	94.14	69.51	73.67
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	269.11	255.66	256.04	289.14	247.23	292.29
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	249.52	212.36	235.6	255.56	222.63	241.86
Pesos sólidos Ws	175.84	165.99	163.74	161.42	153.12	168.19
Peso del agua Ww	19.59	43.30	20.44	33.58	24.60	50.43
Contenido de Humedad w%	11.14	26.09	12.48	20.80	16.07	29.98

ESPONJAMIENTO									
Molde	1			2			3		
LECTURA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		plg.	mm		plg.	mm		plg.	mm
ANTES	0.47	0.1	2.54	1.32	0.11	2.79	1.52	0.13	3.3
DESPUÉS	0.57			1.43			1.65		

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 118. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CBR: ENSAYO DE PENETRACIÓN																		
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.																		
PARROQUIA	LLIGUA									CAPA DE VEGETAL	3 cm							
VÍA	LLIGUA PONDOA									PROFUNDIDAD	80 cm							
MUESTRA	10									COORDENADAS	783777.50 m E 9844423.99 m S							
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA									REVISADO POR	Ing. Favio Portilla							
NORMA: AASHTO: T-180																		
MOLDE NÚMERO				7				8				9						
				(56 GOLPES)				(27 GOLPES)				(11 GOLPES)						
TIEMPO	PENET.		Q EST. (lb/in ²)	Q LECT		PRESIONES		CBR	Q LECT		PRESIONES		CBR	Q LECT		PRESIONES		CBR
MIN	SEG	"10-3		DIAL	LEIDA	CORR.	DIAL		LEIDA	CORR.	DIAL	LEIDA		CORR.	DIAL	LEIDA	CORR.	
							lb/plg.2		%	lb/plg.2		%	lb/plg.2		%			
		0		0	0.00					0	0.00			0	0.00			
0	30	25		63.8	46.87					17.5	12.86			9.4	6.91			
1	0	50		201.8	148.26					31.7	23.29			17.2	12.64			
1	30	75		413.1	303.49					46.6	34.24			23.5	17.26			
2	0	100	1000	541.3	397.68	397.68	39.8	63.2	46.43	46.43	4.6	30.3	22.26	22.26	2.23			
3	0	150		777.8	571.42			97.3	71.48			43.6	32.03					
4	0	200	15000	938.2	689.26	689.26	46.0	127.4	93.60	93.60	6.2	56.7	41.66	41.66	2.78			
5	0	250		1049.7	771.18			171.6	126.07			63.2	46.43					
6	0	300		1170.2	859.71			208.3	153.03			75.2	55.25					
8	0	400		1336.1	981.59			260.1	191.09			96.2	70.67					
10	0	500		1447.8	1063.65			314.6	231.13			123	90.36					

PENETRACIÓN VS PRESIÓN

% CBR vs DENSIDAD SECA

DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁXIMA		% CBR			
			0,1"	0,2"	in			0.1"	0.2"	MAYOR	
(56 GOLPES)	1.568	gr/cm3	39.8	46.0	%	90% DSM	1.659	gr/cm3	11.8	15	15
(27 GOLPES)	1.485	gr/cm3	4.6	6.2	%		1.493	gr/cm3			
(11 GOLPES)	1.382	gr/cm3	2.2	2.8	%						

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 119. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA					
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	BAÑOS-LOMA CHONTILLO		PROFUNDIDAD	80 cm	
MUESTRA	11		COORDENADAS	786390.19 m E 9846675.81 m S	
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58					
TAMIZ	mm	W retenido (gr)	W ret. Acumulado (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
# 4	4.76	62.6	62.60	14.85	85.15
# 8	2.38	31.4	94	22.29	77.71
# 10	2	7.8	101.8	24.14	75.86
# 16	1.19	24.8	126.6	30.02	69.98
# 30	0.595	33.4	160	37.94	62.06
# 40	0.42	18.8	178.8	42.40	57.60
# 50	0.297	19.6	198.4	47.05	52.95
# 60	0.25	7.8	206.2	48.90	51.10
# 100	0.149	41.2	247.4	58.67	41.33
# 200	0.074	32.8	280.2	66.45	33.55
FUENTE		140.49	420.69	99.76	0.24
TOTAL		280.20			
Peso retenido seco					421.69
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO REC + S . H	137.3		PESO TOTAL MUESTRA S.H	521.68	
PESO REC + S . S	119.3		PESO TOTAL MUESTRA S.S	421.69	
PESO REC	43.39				
PESO AGUA	18				
PESO SUELO	75.91				
W%	23.71				

COEFICIENTES DEL SUELO				
Diámetro efectivo (D10) en mm	Diámetro equiparable (D30) en mm	Diámetro dimensional (D60) en mm	Coefficiente de uniformidad (Cu)	Coefficiente de curvatura (Cc)
0.012	0.060	0.5	41.67	0.60

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 120. LÍMITES DE ATTERBERG

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL	3 cm		
VÍA	BAÑOS-LOMA CHONTILLO		PROFUNDIDAD	80 cm		
MUESTRA	11		COORDENADAS	786390.19 m E 9846675.81 m S		
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla		
LÍMITE LÍQUIDO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	13C	11B	D3	11F	A-5	1-A
Peso Recipiente + Suelo húmeda [Wm+rec]	19.77	19.39	28.71	44.15	37.43	40.68
Peso Recipiente + Suelo seco [Ws+rec]	15.24	15.29	23.24	39.57	35	34.99
Peso Recipiente [Rec]	4.25	5.5	11.28	26.89	27.44	11.23
Peso Agua [Ww]	4.53	4.10	5.47	4.58	2.43	5.69
Peso Suelo [Ws]	10.99	9.79	11.96	12.68	7.56	23.76
Contenido de humedad [w%]	41.22	41.88	45.74	36.12	32.14	23.95
Prom. Contenido humedad [w%]	41.55		40.93		28.05	
NÚMERO de golpes	10		20		49	
LÍMITE LÍQUIDO	35.48					
LÍMITE PLÁSTICO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	10	20				
Peso Recipiente [W Rec]	5.82	4.36	4.3			
Peso Recipiente + Suelo húmeda	6.93	5.48	5.31			
Peso Recipiente + Suelo seco	6.7	5.29	5.11			
Peso Agua	0.23	0.19	0.20			
Peso Suelo	0.88	0.93	0.81			
Contenido de humedad %	26.14	20.43	24.69			
LÍMITE PLÁSTICO	23.75					
IP=LL-LP	11.72					

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO		
SISTEMAS	SUCS	SC
	AASHTO	A-2-6

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 121. DENSIDAD DE CAMPO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DENSIDAD DE CAMPO				
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.				
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	BAÑOS-LOMA CHONTILLO	PROFUNDIDAD	80 cm	
MUESTRA	11	COORDENADAS	786390.19 m E 9846675.81 m S	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58				
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)				
Peso de la masa del suelo + funda (gr) [Wm + Rec]				1208.86
Peso de funda (gr) [Rec]				6.60
Peso de masa del suelo (gr) [Wm= Wm+Rec-Rec]				1202.26
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)				
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)				3728.2
Peso final frasco + cono + arena (gr)				894.4
Peso arena en el cono (gr) [Calibración del cono]				1606.20
Peso arena en la calicata(gr)				1227.60
Densidad de Arena de Ottawa [Calibración de arena]				1.489
Volumen de hueco Vm (cm3)				824.45
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD				
Recipiente N°				101
Peso recipiente + muestra húmeda (gr)				106.94
Peso recipiente + muestra seca (gr)				99.34
Peso recipiente				47.24
Peso Agua (gr) [W ω]				7.6
Peso Sólidos (gr) [Ws]				52.1
ω %				14.59
PROMEDIO ω %				14.59
DETERMINACIÓN FASE DE SUELO				
			Volumen	Peso
Volumen de vacíos			Vv =	21.28
Va =			Wa =	13.68
Vw =			Ww =	7.60
Vs =			Ws =	19.66
Vm =			Wm =	40.94
DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE ÍNDICE DE SUELO				
Peso Volumétrico del suelo (γ_m)			1.46	gr/cm3
Densidad seca (γ_d)			1.27	gr/cm3
Contenido de humedad			14.59	%
Relación de vacíos			1.08	natural
Porosidad			51.98	%
Grado de saturación del agua			35.72	%
Grado de saturación del aire			64.28	%

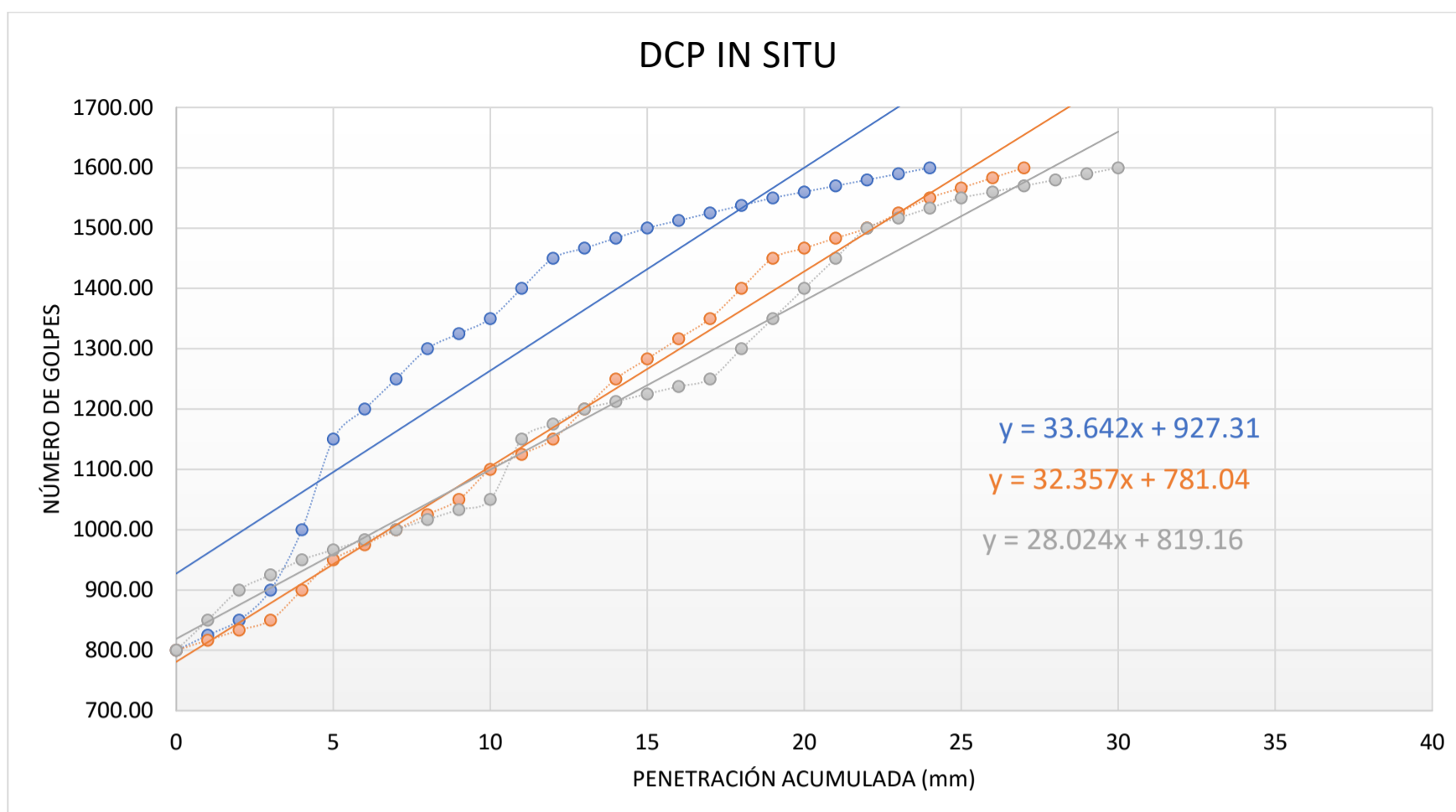
Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 122. DCP IN SITU

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP IN SITU			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	BAÑOS-LOMA CHONTILLO	PROFUNDIDAD	80cm
MUESTRA	11	COORDENADAS	786390.19 m E 9846675.81 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	ING. FAVIO PORTILLA
NORMA: ASTM D 6951-03			
NÚMERO DE GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	800.00	800.00	800.00
1	825.00	816.67	850.00
2	850.00	833.34	900.00
3	900.00	850.01	925.00
4	1000.00	900.01	950.00
5	1150.00	950.01	966.67
6	1200.00	975.01	983.34
7	1250.00	1000.01	1000.01
8	1300.00	1025.01	1016.68
9	1325.00	1050.01	1033.35
10	1350.00	1100.01	1050.02
11	1400.00	1125.01	1150.00
12	1450.00	1150.01	1175.00
13	1466.67	1200.01	1200.00
14	1483.34	1250.01	1212.50
15	1500.01	1283.34	1225.00
16	1512.51	1316.67	1237.50
17	1525.01	1350.00	1250.00
18	1537.51	1400.00	1300.00
19	1550.01	1450.00	1350.00
20	1560.01	1466.67	1400.00
21	1570.01	1483.34	1450.00
22	1580.01	1500.01	1500.00
23	1590.01	1525.01	1516.67
24	1600.01	1550.01	1533.34
25		1566.68	1550.01
26		1583.35	1560.01
27		1600.02	1570.01
28			1580.01
29			1590.01
30			1600.01
DN (mm/ golpe)	33.642	33.357	28.024
DN PROMEDIO (mm/golpe)		31.67	

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Figura 59. DCP IN SITU



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 123. GRAVEDAD ESPECÍFICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	BAÑOS- LOMA CHONTILLO	PROFUNDIDAD	80 cm
MUESTRA	11	COORDENADAS	786390.19 m E 9846675.81 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR	Ing. Favio Portilla
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58			
Picnómetro N°			ISO 06-14
Temperatura agua + suelo			27.4
Recipiente			F4
Peso Recipiente + suelo seco			126
Peso del Recipiente [Wr]			76.45
Peso Suelo seco [Ws]			49.55
Peso Picnómetro + agua [Wbw]			345.3
Ws+Wbw			394.85
Peso Picnómetro + agua + suelo [Wbws]			372.12
Deslizamiento de agua [Ws+Wbw]-Wbws			22.73
Factor correlación por temperatura			0.99642
Gravedad Específica			2.172

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 124. PROCTOR MODIFICADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PROCTOR MODIFICADO-B"									
PROYECTO:	TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.								
PARROQUIA:	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA VEGETAL:	3 cm						
VÍA:	BAÑOS-LOMA CHONTILLO	PROFUNDIDAD:	80 cm						
MUESTRA:	11		COORDENADAS:	786390.19 m E 9846675.81 m S					
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA		REVISADO POR:	Ing. Favio Portilla					
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860									
ESPECIFICACIONES									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)	5440				
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm ³)	2114				
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180	ASTM D1557	INEN	860			
Peso Inicial Deseado	5000		5000		5000		5000		
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN									
Ensayo Número	1	2	3	4					
Humedad inicial Añadida en cc	0	250	500	750					
Humedad inicial Añadida en %	-	-	-	-					
P. molde + suelo húmedo (gr)	8518.4	8788.8	9300	9237.8					
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3078.40	3348.80	3860.00	3797.80					
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.46	1.58	1.83	1.80					
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD									
Recipiente Número	2F	W3	B8	6A					
Peso del Recipiente W _r	47.14	48.27	53.28	54.41	47.25	48.5	38.27	39.4	
Recipiente + suelo húmedo W _r +W _m	165.9	167.03	240.33	241.46	205.8	207.05	221.01	222.14	
Recipiente + suelo seco W _s +W _m	154.72	155.85	217.56	218.69	176.32	177.57	184.04	185.17	
Peso sólidos W _s	107.58	107.58	164.28	164.28	129.07	129.07	145.77	145.77	
Peso del agua W _w	11.18	11.18	22.77	22.77	29.48	29.48	36.97	36.97	
Contenido de Humedad w%	10.39	10.39	13.86	13.86	22.84	22.84	25.36	25.36	
Promedio Contenido de Humedad w%	10.39		13.86		22.84		25.36		
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1.319		1.557		1.486		1.433		
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA									
CURVA DE COMPACTACIÓN									
DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm ³)	1.563	G _c %	81.4	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	18.3				

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 125. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL		3 cm	
VÍA	BAÑOS-LOMA CHONTILLO		PROF.		80 cm	
MUESTRA	11		COOR.		786390.19 m E 9846675.81 m S	
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA		REVISADO POR:		Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-180						
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO	PROCTOR MODIFICADO		PESO MARTILLO		15535	
PESO MUESTRA	5000		ALTURA CAÍDA		2316.7	
Contenido de Humedad óptimo [w% OPTIMO]	18.3		Densidad seca máxima [gr/cm3]		1.563	
ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
Molde	7		8		9	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		27		11	
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Número de molde	7		8		9	
Peso húmedo + molde [gr]	9935.4	10115.8	9599.8	9922.2	9332.4	9647.2
Peso Molde [gr]	6372.6	6372.6	6350.8	6350.8	6350.2	6350.2
Peso húmedo [gr]	3562.8	3743.2	3249	3571.4	2982.2	3297
Volumen de molde [cm3]	2091.2		2091.2		2091.2	
Densidad húmeda [gr/cm3]	1.704	1.790	1.554	1.708	1.426	1.577
Densidad Seca [gr/cm3]	1.543	1.516	1.385	1.486	1.287	1.356
Densidad Seca Promedio [gr/cm3]	1.529		1.436		1.322	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD						
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Recipiente Número	M2	D-7	F-5	M8	P-4	6-T
Peso del Recipiente Wr	43.36	43.24	42.02	53.3	66.06	53.03
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	259.84	235.48	220.97	240.99	260.75	256.71
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	239.4	206.05	201.5	216.66	241.75	228.25
Peso sólidos Ws	196.04	162.81	159.48	163.36	175.69	175.22
Peso del agua Ww	20.44	29.43	19.47	24.33	19.00	28.46
Contenido de Humedad w%	10.43	18.08	12.21	14.89	10.81	16.24

ESPONJAMIENTO									
Molde	1			2			3		
	LECTURA	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
DIAL		plg.	mm		plg.	mm		DIAL	plg.
ANTES	1.36	2.44	61.98	5.85	1.45	36.83	3	3.72	94.49
DESPUÉS	3.8			7.3			6.72		

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 126. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CBR: ENSAYO DE PENETRACIÓN																		
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.																		
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA					CAPA DE VEGETAL					3 cm							
VÍA	BAÑOS-LOMA CHONTILLO					PROFUNDIDAD					80 cm							
MUESTRA	11					COORDENADAS					786390.19 m E 9846675.81 m S							
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA					REVISADO POR					Ing. Favio Portilla							
NORMA: AASHTO: T-180																		
MOLDE NÚMERO			7					8					9					
			(56 GOLPES)					(27 GOLPES)					(11 GOLPES)					
TIEMPO	PENET.		Q EST. (lb/in ²)	Q LECT		PRESIONES		CBR	Q LECT		PRESIONES		CBR	Q LECT		PRESIONES		CBR
MIN	SEG	"10-3		DIAL	LEIDA	CORR.	DIAL		LEIDA	CORR.	DIAL	LEIDA		CORR.	DIAL	LEIDA	CORR.	
					lb/plg.2		%		lb/plg.2		%		lb/plg.2		%			
		0		0	0.00			0	0.00			0	0.00					
0	30	25		42.7	31.37			54	39.67			25.3	18.59					
1	0	50		109.5	80.45			108.4	79.64			44.2	32.47					
1	30	75		192.5	141.42			191.8	140.91			57.5	42.24					
2	0	100	1000	299.4	219.96	219.96	22.0	263.7	193.73	193.73	19.4	60.1	44.15	44.15	4.42			
3	0	150		559.2	410.83			362.2	266.10			75.7	55.61					
4	0	200	15000	779.2	572.45	572.45	38.2	445.5	327.29	327.29	21.8	86	63.18	63.18	4.21			
5	0	250		1050.7	771.91			486.8	357.64			88.1	64.72					
6	0	300		1177.6	865.14			587.5	431.62			98.5	72.36					
8	0	400		1471.6	1081.14			634.6	466.22			121.9	89.56					
10	0	500		1685	1237.91			736.3	540.94			124.9	91.76					

PENETRACIÓN VS PRESIÓN

% CBR vs DENSIDAD SECA

DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.562	gr/cm3	% CBR		
			0,1"	0,2"	in				0.1"	0.2"	MAYOR
(56 GOLPES)	1.529	gr/cm3	22.0	38.2	%	90% DSM	1.406	gr/cm3	15.2	17.4	17.4
(27 GOLPES)	1.436	gr/cm3	19.4	21.8	%						
(11 GOLPES)	1.322	gr/cm3	4.4	4.2	%						

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 127. GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE HUMEDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA					
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.					
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	BAÑOS-LOMA CHONTILLO		PROFUNDIDAD	80 cm	
MUESTRA	12		COORDENADAS	786243.92 m E 9846935.43 m S	
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA		REVISADO POR	Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58					
TAMIZ	mm	W retenido (gr)	W ret. Acumulado (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
# 4	4.76	61.8	61.80	12.26	87.74
# 8	2.38	48.2	110	21.83	78.17
# 10	2	11.6	121.6	24.13	75.87
# 16	1.19	48.3	169.9	33.72	66.28
# 30	0.595	70.6	240.5	47.73	52.27
# 40	0.42	35.2	275.7	54.71	45.29
# 50	0.297	35.2	310.9	61.70	38.30
# 60	0.25	8.4	319.3	63.37	36.63
# 100	0.149	60	379.3	75.27	24.73
# 200	0.074	24.4	403.7	80.12	19.88
FUENTE		5.8	409.50	81.27	18.73
TOTAL		403.70			
Peso retenido seco					503.90
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PESO REC + S . H	106.94		PESO TOTAL MUESTRA S.H	577.4	
PESO REC + S . S	99.34		PESO TOTAL MUESTRA S.S	503.90	
PESO REC	47.24				
PESO AGUA	7.6				
PESO SUELO	52.1				
W%	14.59				

El gráfico muestra la curva de granulometría del suelo. El eje horizontal (X) representa el tamaño del tamiz en milímetros (mm) en una escala logarítmica, con valores desde 10 mm hasta 0.01 mm. El eje vertical (Y) representa el porcentaje de material que pasa acumulado, desde 0.00% hasta 100.00%. La curva comienza en 100% para tamices grandes y disminuye a medida que el tamaño del tamiz se reduce. Se marcan los siguientes puntos clave: N4 (4.76 mm, ~88%), N8 (2.38 mm, ~78%), N10 (2 mm, ~76%), N16 (1.19 mm, ~66%), N30 (0.595 mm, ~52%), N40 (0.42 mm, ~45%), N50 (0.297 mm, ~38%), N60 (0.25 mm, ~36%), N100 (0.149 mm, ~25%), y N200 (0.074 mm, ~20%).


COEFICIENTES DEL SUELO				
Diámetro efectivo (D10) en mm	Diámetro equiparable (D30) en mm	Diámetro dimensional (D60) en mm	Coefficiente de uniformidad (Cu)	Coefficiente de curvatura (Cc)
0.026	0.190	0.88	33.85	1.58

Tabla 128. LÍMITES DE ATTERBERG

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm			
VÍA	BAÑOS-LOMA CHONTILLO	PROFUNDIDAD	80 cm			
MUESTRA	12	COORDENADAS	786243.92 m E 9846935.43 m S			
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR	Ing. Favio Portilla			
LÍMITE LÍQUIDO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	A-3	E-1	3T	X-3	A-5	1A
Peso Recipiente + Suelo húmeda [Wm+rec]	14.98	13.58	42.18	17.8	14.98	19.97
Peso Recipiente + Suelo seco [Ws+rec]	12.23	11.23	38.63	14.84	12.32	16.11
Peso Recipiente [Rec]	4.33	4.29	28.04	5.97	4.35	4.23
Peso Agua [Ww]	2.75	2.35	3.55	2.96	2.66	3.86
Peso Suelo [Ws]	7.90	6.94	10.59	8.87	7.97	11.88
Contenido de humedad [w%]	34.81	33.86	33.52	33.37	33.38	32.49
Prom. Contenido humedad [w%]	34.34		33.45		32.93	
NÚMERO de golpes	11		17		49	
LÍMITE LÍQUIDO	33.42					
LÍMITE PLÁSTICO NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691						
Recipiente	A-2	E-3J		D1		
Peso Recipiente [W Rec]	4.36	4.31		4.35		
Peso Recipiente + Suelo húmeda	5.2	4.93		5.03		
Peso Recipiente + Suelo seco	4.99	4.78		4.88		
Peso Agua	0.21	0.15		0.15		
Peso Suelo	0.63	0.47		0.53		
Contenido de humedad %	33.33	31.91		28.30		
LÍMITE PLÁSTICO	31.18					
IP=LL-LP			2.24			

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO		
SISTEMAS	SUCS	SM
	AASHTO	A-2-4

Tabla 129. DENSIDAD DE CAMPO

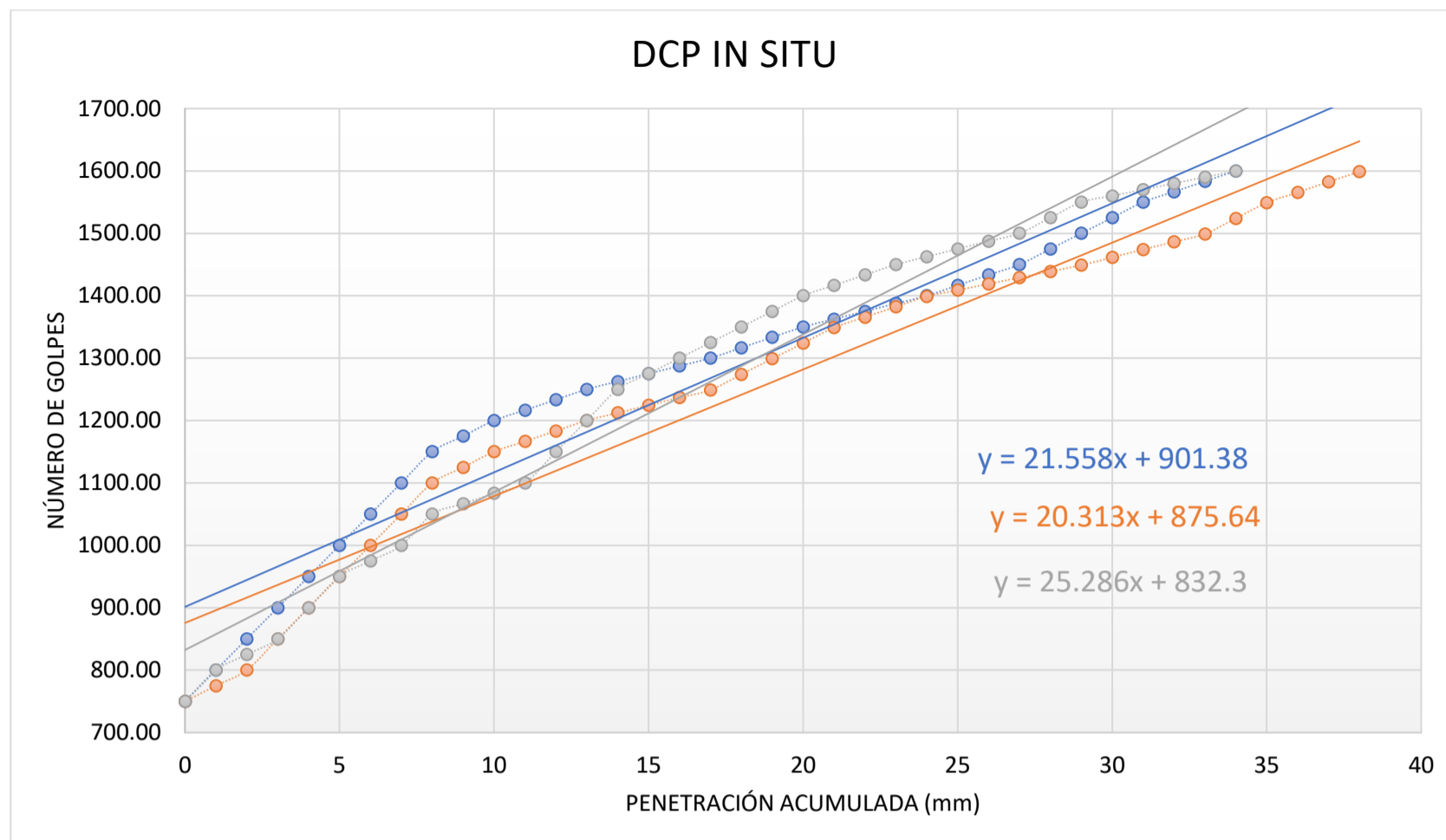
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DENSIDAD DE CAMPO				
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.				
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm	
VÍA	BAÑOS-LOMA CHONTILLO	PROFUNDIDAD	80 cm	
MUESTRA	12	COORDENADAS	786243.92 m E 9846935.43 m S	
NORMA: AASHTO: T-87-70 ASTM: D-421-58				
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO (Wm)				
Peso de la masa del suelo + funda (gr) [Wm + Rec]				1181.86
Peso de funda (gr) [Rec]				6.60
Peso de masa del suelo (gr) [Wm= Wm+Rec-Rec]				1175.26
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE PERFORACIÓN EN EL SUELO (Vm)				
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)				3511.2
Peso final frasco + cono + arena (gr)				825.2
Peso arena en el cono (gr) [Calibración del cono]				1606.20
Peso arena en la calicata(gr)				1079.80
Densidad de Arena de Ottawa [Calibración de arena]				1.489
Volumen de hueco Vm (cm3)				725.18
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD				
Recipiente N°				101
Peso recipiente + muestra húmeda (gr)				106.94
Peso recipiente + muestra seca (gr)				99.34
Peso recipiente				47.24
Peso Agua (gr) [W ω]				7.6
Peso Sólidos (gr) [Ws]				52.1
$\omega\%$				14.59
PROMEDIO $\omega\%$				14.59
DETERMINACIÓN FASE DE SUELO				
			Volumen	Peso
Volumen de vacíos			Vv =	17.18
Va =			Wa =	9.58
Vw =			Ww =	7.60
Vs =			Ws =	19.66
Vm =			Wm =	36.84
DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE ÍNDICE DE SUELO				
Peso Volumétrico del suelo (γ_m)			1.62	gr/cm3
Densidad seca (γ_d)			1.41	gr/cm3
Contenido de humedad			14.59	%
Relación de vacíos			0.87	natural
Porosidad			46.63	%
Grado de saturación del agua			44.25	%
Grado de saturación del aire			55.75	%

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 130. DCP IN SITU

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP IN SITU			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	BAÑOS-LOMA CHONTILLO	PROFUNDIDAD	80cm
MUESTRA	12	COORDENADAS	786243.92 m E 9846935.43 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:	ING. FAVIO PORTILLA
NORMA: ASTM D 6951-03			
NÚMERO DE GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	750.00	750.00	750.00
1	800.00	775.00	800.00
2	850.00	800.00	825.00
3	900.00	850.00	850.00
4	950.00	900.00	900.00
5	1000.00	950.00	950.00
6	1050.00	1000.00	975.00
7	1100.00	1050.00	1000.00
8	1150.00	1100.00	1050.00
9	1175.00	1125.00	1066.67
10	1200.00	1150.00	1083.34
11	1216.67	1166.67	1100.01
12	1233.34	1183.34	1150.01
13	1250.01	1200.01	1200.01
14	1262.51	1212.26	1250.01
15	1275.01	1224.51	1275.01
16	1287.51	1236.76	1300.01
17	1300.01	1249.01	1325.01
18	1316.68	1274.01	1350.01
19	1333.35	1299.01	1375.01
20	1350.02	1324.01	1400.01
21	1362.52	1349.01	1416.68
22	1375.02	1365.68	1433.35
23	1387.52	1382.35	1450.02
24	1400.02	1399.02	1462.52
25	1416.69	1409.02	1475.02
26	1433.36	1419.02	1487.52
27	1450.03	1429.02	1500.02
28	1475.03	1439.02	1525.02
29	1500.03	1449.02	1550.02
30	1525.03	1461.52	1560.02
31	1550.03	1474.02	1570.02
32	1566.70	1486.52	1580.02
33	1583.37	1499.02	1590.02
34	1600.04	1524.02	1600.02
35		1549.02	
36		1565.69	
37		1582.36	
38		1599.03	
DN (mm/ golpe)	21.558	20.313	25.286
DN PROMEDIO (mm/golpe)	22.39		

Figura 60. DCP IN SITU



Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 131. GRAVEDAD ESPECÍFICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA			
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.			
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA DE VEGETAL	3 cm
VÍA	BAÑOS- LOMA CHONTILLO	PROFUNDIDAD	80 cm
MUESTRA	12	COORDENADAS	786243.92 m E 9846935.43 m S
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA	REVISADO POR	Ing. Favio Portilla
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58			
Picnómetro N°		ISO 06-14	
Temperatura agua + suelo		32.6	
Recipiente		F4	
Peso Recipiente + suelo seco		131.7	
Peso del Recipiente [Wr]		82.13	
Peso Suelo seco [Ws]		49.57	
Peso Picnómetro + agua [Wbw]		345.3	
Ws+Wbw		394.87	
Peso Picnómetro + agua + suelo [Wbws]		373.81	
Deslizamiento de agua [Ws+Wbw]-Wbws		21.06	
Factor correlación por temperatura		0.99522	
Gravedad Específica		2.343	

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 132. PROCTOR MODIFICADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PRÓCTOR MODIFICADO"									
PROYECTO:	TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.								
PARROQUIA:	BAÑOS DE AGUA SANTA	CAPA VEGETAL:			3 cm				
VÍA:	BAÑOS-LOMA CHONTILLO	PROFUNDIDAD:			80 cm				
MUESTRA:	12	COORDENADAS:			786243.92 m E 9846935.43 m S				
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA	REVISADO POR:			Ing. Favio Portilla				
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860									
ESPECIFICACIONES									
Número de Golpes	56	Altura de Caída		18"	Peso del Molde (gr)		5440		
Número de Capas	5	Peso del Martillo		10 lb	Volumen del Molde (cm ³)		2114		
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO	T-180	ASTM	D1557	INEN	860	
Peso Inicial Deseado	5000		5000		5000		5000		
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN									
Ensayo Número	1	2		3		4			
Humedad inicial Añadida en cc	0	250		500		750			
Humedad inicial Añadida en %	-	-		-		-			
P. molde + suelo húmedo (gr)	8748.8	9091.4		9581.6		9435.4			
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3308.80	3651.40		4141.60		3995.40			
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1.57	1.73		1.96		1.89			
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD									
Recipiente Número	1-p	B-8		W-1		H1			
Peso del Recipiente Wr	53.02	54.15	41.93	43.06	53.74	54.87	43.24	44.37	
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	212.98	214.11	223.91	225.04	224.46	225.59	207.39	208.52	
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	198.51	199.64	204.09	205.22	197.22	198.35	177.34	178.47	
Peso sólidos Ws	145.49	145.49	162.16	162.16	143.48	143.48	134.10	134.10	
Peso del agua Ww	14.47	14.47	19.82	19.82	27.24	27.24	30.05	30.05	
Contenido de Humedad w%	9.95	9.95	12.22	12.22	18.99	18.99	22.41	22.41	
Promedio Contenido de Humedad w%	9.95		12.22		18.99		22.41		
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1.424		1.539		1.647		1.544		
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA									
CURVA DE COMPACTACIÓN									
DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm ³)	1.646	Gc %	85.9		HUMEDAD ÓPTIMA (%)	17.5			

Tabla 133. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.						
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA		CAPA DE VEGETAL		3 cm	
VÍA	BAÑOS-LOMA CHONTILLO		PROF.		80 cm	
MUESTRA	12		COOR.		786243.92 m E 9846935.43 m S	
REALIZADO POR:	ADRIAN BANDA		REVISADO POR:		Ing. Favio Portilla	
NORMA: AASHTO: T-180						
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO	PROCTOR MODIFICADO		PESO MARTILLO		15535	
PESO MUESTRA	5000		ALTURA CAÍDA		2316.7	
Contenido de Humedad óptimo [w% OPTIMO]	17.5		Densidad seca máxima [gr/cm3]		1.646	
ENSAYO COMPACTACIÓN CBR						
Molde	15		18		44	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		27		11	
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Número de molde	15		18		44	
Peso húmedo + molde [gr]	9723	10001.2	9760.6	9998.2	9042	9511.4
Peso Molde [gr]	5794.8	5794.8	5908.2	5908.2	5714.4	5714.4
Peso húmedo [gr]	3928.2	4206.4	3852.4	4090	3327.6	3797
Volumen de molde [cm3]	2118		2118		2118	
Densidad húmeda [gr/cm3]	1.855	1.986	1.819	1.931	1.571	1.793
Densidad Seca [gr/cm3]	1.544	1.540	1.547	1.401	1.356	1.456
Densidad Seca Promedio [gr/cm3]	1.542		1.474		1.406	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD						
Condición de muestra	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Recipiente Número	M2	D-7	F-5	M8	P-4	6-T
Peso del Recipiente Wr	99.43	46.35	53.92	94.08	49.09	45.67
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	314.17	213.89	379.1	256.95	297.8	245.51
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	278.23	176.23	330.57	212.27	263.77	207.98
Peso sólidos Ws	178.80	129.88	276.65	118.19	214.68	162.31
Peso del agua Ww	35.94	37.66	48.53	44.68	34.03	37.53
Contenido de Humedad w%	20.10	29.00	17.54	37.80	15.85	23.12

ESPONJAMIENTO									
Molde	1			2			3		
	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
plg.		mm	plg.		mm	plg.		mm	
ANTES	0.48	1.11	28.19	0.98	0.88	22.35	2.5	0.73	18.54
DESPUÉS	1.59			1.86			3.23		

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas

Tabla 134. CBR ENSAYO DE PENETRACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CBR: ENSAYO DE PENETRACIÓN																
TEMA: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS BAÑOS DE AGUA SANTA Y LLIGUA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.																
PARROQUIA	BAÑOS DE AGUA SANTA										CAPA DE VEGETAL	3 cm				
VÍA	BAÑOS-LOMA CHONTILLO										PROFUNDIDAD	80 cm				
MUESTRA	12										COORDENADAS	786243.92 m E 9846935.43 m S				
REALIZADO POR	ADRIAN BANDA										REVISADO POR	Ing. Favio Portilla				
NORMA: AASHTO: T-180																
MOLDE NÚMERO				7				8				9				
				(56 GOLPES)				(27 GOLPES)				(11 GOLPES)				
TIEMPO MIN	PENET.		Q EST. (lb/in ²)	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	
	SEG	"10-3			LEIDA	CORR.			LEIDA	CORR.			LEIDA	CORR.		LEIDA
					lb/plg.2		%		lb/plg.2		%		lb/plg.2		%	
		0		0	0.00			0	0.00			0	0.00			
0	30	25		19.2	14.11			35.5	26.08			13.2	9.70			
1	0	50		45.3	33.28			81.3	59.73			26.1	19.17			
1	30	75		91	66.85			130.8	96.09			39.7	29.17			
2	0	100	1000	178.5	131.14	131.14	13.1	168	123.42	123.42	12.3	43.3	31.81	31.81	3.18	
3	0	150		288.1	211.66			235.1	172.72			51.8	38.06			
4	0	200	15000	421.5	309.66	309.66	20.6	283.3	208.13	208.13	13.9	65.1	47.83	47.83	3.19	
5	0	250		509.4	374.24			313.7	230.46			74.1	54.44			
6	0	300		563.8	414.21			344.6	253.17			78.9	57.97			
8	0	400		728.2	534.98			416.1	305.69			94.8	69.65			
10	0	500		857.8	630.20			470.2	345.44			98.9	72.66			

PENETRACIÓN VS PRESIÓN

% CBR vs DENSIDAD SECA

DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁXIMA			% CBR		
			0,1"	0,2"	in				0.1"	0.2"	MAYOR
(56 GOLPES)	1.542	gr/cm3	13.1	20.6	%	1.646	gr/cm3	12.4	14.6	14.6	
(27 GOLPES)	1.474	gr/cm3	12.3	13.9	%						
(11 GOLPES)	1.406	gr/cm3	3.2	3.2	%						
						90% DSM	1.481	gr/cm3			

Autor. Kevin Adrián Banda Casañas