



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA CIVIL

TEMA:

“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS HUAMBALÓ Y COTALÓ, CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

AUTOR: Lisett Nataly Carvajal Villacres

TUTOR: Ing. Mg. Alex Xavier Frías Torres

AMBATO – ECUADOR

Septiembre - 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniera Civil, con el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS HUAMBALÓ Y COTALÓ, CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por la Srta. Lisett Nataly Carvajal Villacres, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804757035, 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 autora.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Septiembre 2021

.....
Ing. Mg. Alex Xavier Frías Torres

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Lisett Nataly Carvajal Villacres con C.I. 180475703-5, egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo experimental bajo el tema “**CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS HUAMBALÓ Y COTALÓ, CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**”, así como también las análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Septiembre 2021



.....
Lisett Nataly Carvajal Villacres

C.I:1804757035

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



.....
Lisett Nataly Carvajal Villacres

C.I: 1804757035

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Lisett Nataly Carvajal Villacres de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: “**CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LAS PARROQUIAS HUAMBALÓ Y COTALÓ, CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**”.

Ambato, Septiembre 2021

Para constancia firman:

.....

Ing. Mg. Ruth Lorena Pérez Maldonado

Miembro Calificador

.....

Ing. Msc. Favio Paúl Portilla Yandún

Miembro Calificador

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios por siempre guiarme, por regalarme la bendición de cumplir mi meta. Gracia Señor por hacerte presente todos los días de mi vida.

A mi padre Marco por alentarme a perseguir mis sueños, por su sabiduría y consejos, por siempre confiar y creer en mí.

A madre Silvia y hermana María Belén, por su amor y apoyo incondicional estoy hoy aquí.

A la memoria de mis abuelitos y tía, por haber sido mi mayor ejemplo de honestidad, fortaleza y humildad. Espero que desde el cielo estén orgullosos de mí.

A mi familia por estar siempre presentes y ser mi pilar de apoyo a lo largo de toda mi carrera. Porque gracias a su apoyo y comprensión todo ha sido mucho más fácil.

A mis amigos y compañeros, por acompañarme en esta aventura y por esos grandes momentos compartidos que llevo en mi corazón.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato en especial a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por brindarme la oportunidad de formarme en sus aulas y permitirme realizar este trabajo experimental.

A los docentes que, a lo largo de mis años de carrera, impartieron sus conocimientos para formarme profesionalmente.

A mi tutor. Ing. Alex Frías por haberme brindado su apoyo incondicional, su comprensión, por impulsarme a seguir adelante en el desarrollo del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
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
1.1.4 Hipótesis.....	34
1.2. OBJETIVOS	34
1.2.1. Objetivo General	34
1.2.2. Objetivos Específicos.....	34
CAPÍTULO II	35
METODOLOGÍA	35
2.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	35
2.1.1 Nivel de Investigación.....	35

2.1.2	Tipo de Investigación.....	35
2.2	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	36
2.2.1	Población.....	36
2.2.2	Muestra.....	36
2.3	MATERIALES Y EQUIPOS.....	37
2.4	MÉTODOS	39
2.4.1	Plan de Recolección de Datos.....	39
2.4.2	Ensayos de Campo y Laboratorio	40
2.4.3	Plan de Procesamiento y Análisis de Información.....	44
	CAPÍTULO III.....	52
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
3.1	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	52
3.1.1	Propiedades índice de los suelos estudiados	52
3.1.2	Propiedades mecánicas de los suelos estudiados	57
3.2	CORRELACIONES.....	59
3.2.1	Correlación entre propiedades índice y mecánicas	59
3.2.2	Correlación entre el índice de penetración (DN) y propiedades índice	60
3.2.3	Correlación entre CBR y propiedades índice.....	61
3.2.4	DESARROLLO DE CORRELACIONES.....	61
3.3	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE AASHTO 93	86
3.3.1	Factor hora pico.....	86
3.3.2	Porcentaje de la trigésima hora	86
3.3.3	Tráfico Vehicular actual en el 1 ^{er} año	87
3.3.4	Tráfico Generado	88
3.3.5	Tráfico atraído.....	89
3.3.6	Tráfico desarrollado	89
3.3.7	Determinación de Ejes Equivalentes según el periodo de diseño	91

3.3.8	Diseño del pavimento flexible con CBR de laboratorio	100
3.3.9	Diseño del pavimento mediante el CBR obtenido por la correlación	103
3.3.10	Comparación espesores de pavimento	106
3.4	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	107
3.4.1	Hipótesis Alternativa.....	107
3.4.2	Hipótesis Nula.....	107
CAPÍTULO IV		108
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		108
4.1	Conclusiones	108
4.2	Recomendaciones.....	110
ANEXOS		115
A.	TABLAS DE RESULTADOS.....	115
B.	CONTEO DE TRÁFICO	239

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de suelos SUCS	5
Tabla 2. Clasificación de suelos AASHTO	7
Tabla 3. Valores referenciales del índice de plasticidad	14
Tabla 4. Abertura de los tamices	15
Tabla 5. Datos ensayo Proctor estándar	19
Tabla 6. Datos ensayo Próctor modificado	20
Tabla 7. Periodos de diseño en función del tipo de carretera.....	27
Tabla 8. Factor de distribución por carril	28
Tabla 9. Valores del nivel de confianza R de acuerdo al tipo de camino	28
Tabla 10. Capacidad de drenaje	31
Tabla 11. Coeficiente de drenaje para pavimentos	31
Tabla 12. Ubicación de las calicatas	36
Tabla 13. Equipos y materiales	37
Tabla 14. Plan de recolección de datos	39
Tabla 15. Ensayo densidad de campo (Cono y arena)	45
Tabla 16. Ensayo gravedad específica	46
Tabla 17. Ensayo análisis granulométrico.....	46
Tabla 18. Ensayo límite líquido	47
Tabla 19. Ensayo límite plástico	47
Tabla 20. Ensayo Proctor modificado	48
Tabla 21. Ensayo CBR.....	49
Tabla 22. Ensayo DCP	50
Tabla 23. Límites de Atterberg	52

Tabla 24. Densidad de campo	53
Tabla 25. Gravedad Específica.....	54
Tabla 26. Granulometría	54
Tabla 27. Clasificación suelos AASHTO	55
Tabla 28. Clasificación de suelos SUCS.....	56
Tabla 29. Compactación.....	57
Tabla 30. Resultados CBR	58
Tabla 31. Resultados DCP	58
Tabla 32. Nomenclatura	59
Tabla 33. Correlación entre propiedades índice y mecánicas	60
Tabla 34. Correlación entre DN y propiedades índice	60
Tabla 35. Correlación ente CBR y propiedades índice	61
Tabla 36. Valores de tráfico hora pico	86
Tabla 37. Índice de crecimiento vehicular	87
Tabla 38. Tráfico actual total del proyecto	90
Tabla 39. Periodo de diseño según el tipo de vía.....	90
Tabla 40. Tráfico para el periodo de diseño.....	91
Tabla 41. Factor de daño según el tipo de vehículo.....	91
Tabla 42. Tráfico futuro	93
Tabla 43. Nivel de confiabilidad R	94
Tabla 44. Desviación estándar normal Zr	94
Tabla 45. Calidad de drenaje.....	99
Tabla 46. Coeficientes m2 y m3, según la capacidad de drenaje.....	99
Tabla 47. Diseño de Pavimentos	101

Tabla 48. Espesores para cada capa de pavimento.....	102
Tabla 49. Diseño del pavimento mediante CBR correlación	105
Tabla 50. Espesores para cada capa de pavimento.....	106
Tabla 51. Comparación espesores de pavimento	107
Tabla 52. Ensayo Límite Líquido #1.....	115
Tabla 53. Ensayo Límite Líquido #2.....	116
Tabla 54. Ensayo Límite Líquido #3.....	117
Tabla 55. Ensayo Límite Líquido # 4.....	118
Tabla 56. Ensayo Límite Líquido # 5.....	119
Tabla 57. Ensayo Límite Líquido # 6.....	120
Tabla 58. Ensayo Límite Líquido # 7.....	121
Tabla 59. Ensayo Límite Líquido # 8.....	122
Tabla 60. Ensayo Límite Líquido # 9.....	123
Tabla 61. Ensayo Límite Líquido # 10.....	124
Tabla 62. Ensayo Límite Líquido # 11.....	125
Tabla 63. Ensayo Límite Líquido # 12.....	126
Tabla 64. Ensayo Límite Plástico # 1.....	127
Tabla 65. Ensayo Límite Plástico # 2.....	128
Tabla 66. Ensayo Límite Plástico # 3.....	129
Tabla 67. Ensayo Límite Plástico # 4.....	130
Tabla 68. Ensayo Límite Plástico # 5.....	131
Tabla 69. Ensayo Límite Plástico # 6.....	132
Tabla 70. Ensayo Límite Plástico # 7.....	133
Tabla 71. Ensayo Límite Plástico # 8.....	134

Tabla 72. Ensayo Límite Plástico # 9.....	135
Tabla 73. Ensayo Límite Plástico # 10.....	136
Tabla 74. Ensayo Límite Plástico # 11.....	137
Tabla 75. Ensayo Límite Plástico # 12.....	138
Tabla 76. Ensayo Densidad de Campo # 1.....	139
Tabla 77. Ensayo Densidad de Campo # 2.....	140
Tabla 78. Ensayo Densidad de Campo # 3.....	141
Tabla 79. Ensayo Densidad de Campo # 4.....	142
Tabla 80. Ensayo Densidad de Campo # 5.....	143
Tabla 81. Ensayo Densidad de Campo # 6.....	144
Tabla 82. Ensayo Densidad de Campo # 7.....	145
Tabla 83. Ensayo Densidad de Campo # 8.....	146
Tabla 84. Ensayo Densidad de Campo # 9.....	147
Tabla 85. Ensayo Densidad de Campo # 10.....	148
Tabla 86. Ensayo Densidad de Campo # 11.....	149
Tabla 87. Ensayo Densidad de Campo # 12.....	150
Tabla 88. Ensayo Gravedad Específica # 1	151
Tabla 89. Ensayo Gravedad Específica # 2.....	152
Tabla 90. Ensayo Gravedad Específica # 3.....	153
Tabla 91. Ensayo Gravedad Específica # 4.....	154
Tabla 92. Ensayo Gravedad Específica # 5.....	155
Tabla 93. Ensayo Gravedad Específica # 6.....	156
Tabla 94. Ensayo Gravedad Específica # 7.....	157
Tabla 95. Ensayo Gravedad Específica # 8.....	158

Tabla 96. Ensayo Gravedad Específica # 9.....	159
Tabla 97. Ensayo Gravedad Específica # 10.....	160
Tabla 98. Ensayo Gravedad Específica # 11.....	161
Tabla 99. Ensayo Gravedad Específica # 12.....	162
Tabla 100. Ensayo Granulométrico # 1.....	163
Tabla 101. Ensayo Granulométrico # 2.....	164
Tabla 102. Ensayo Granulométrico # 3.....	165
Tabla 103. Ensayo Granulométrico # 4.....	167
Tabla 104. Ensayo Granulométrico # 5.....	168
Tabla 105. Ensayo Granulométrico # 6.....	169
Tabla 106. Ensayo Granulométrico # 7.....	170
Tabla 107. Ensayo Granulométrico # 8.....	172
Tabla 108. Ensayo Granulométrico # 9.....	173
Tabla 109. Ensayo Granulométrico # 10.....	175
Tabla 110. Ensayo Granulométrico # 11.....	176
Tabla 111. Ensayo Granulométrico # 12.....	177
Tabla 112. Ensayo de Compactación Proctor # 1	179
Tabla 113. Ensayo de Compactación Proctor # 2	180
Tabla 114. Ensayo de Compactación Proctor # 3	181
Tabla 115. Ensayo de Compactación Proctor # 4	182
Tabla 116. Ensayo de Compactación Proctor # 5	183
Tabla 117. Ensayo de Compactación Proctor # 6	184
Tabla 118. Ensayo de Compactación Proctor # 7	185
Tabla 119. Ensayo de Compactación Proctor # 8	186

Tabla 120. Ensayo de Compactación Proctor # 9	187
Tabla 121. Ensayo de Compactación Proctor # 10	188
Tabla 122. Ensayo de Compactación Proctor # 11	189
Tabla 123. Ensayo de Compactación Proctor # 12	190
Tabla 124. Ensayo CBR # 1	191
Tabla 125. Ensayo CBR # 2.....	193
Tabla 126. Ensayo CBR # 3.....	196
Tabla 127. Ensayo CBR # 4.....	198
Tabla 128. Ensayo CBR # 5.....	201
Tabla 129. Ensayo CBR # 6.....	203
Tabla 130. Ensayo CBR # 7.....	206
Tabla 131. Ensayo CBR # 8.....	208
Tabla 132. Ensayo CBR # 9.....	211
Tabla 133. Ensayo CBR # 10.....	213
Tabla 134. Ensayo CBR # 11.....	216
Tabla 135. Ensayo CBR # 12.....	218
Tabla 136. Ensayo DCP # 1	221
Tabla 137. Ensayo DCP # 2	223
Tabla 138. Ensayo DCP # 3	225
Tabla 139. Ensayo DCP # 4	226
Tabla 140. Ensayo DCP # 5	227
Tabla 141. Ensayo DCP # 6	228
Tabla 142. Ensayo DCP # 7	229
Tabla 143. Ensayo DCP # 8	231

Tabla 144. Ensayo DCP # 9	232
Tabla 145. Ensayo DCP # 10	234
Tabla 146. Ensayo DCP # 11	235
Tabla 147. Ensayo DCP # 12	237
Tabla 148. Conteo Tráfico Vehicular.....	239
Tabla 149. Conteo Tráfico Vehicular.....	240
Tabla 150. Conteo Tráfico Vehicular.....	241
Tabla 151. Conteo de Tráfico Vehicular.....	242
Tabla 152. Resumen Conteo Vehicular.....	243

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ábaco de plasticidad SUCS.....	6
Figura 2. Diagrama de fases que componen el suelo.....	9
Figura 3. Gráfico para el cálculo del límite líquido.....	13
Figura 4. Curva granulométrica de un suelo.....	16
Figura 5. Representación granulométrica.....	17
Figura 6. Curva típica de compactación.....	18
Figura 7. Esquema del Cono de Penetración Dinámico (ASTM D-6951-03).....	20
Figura 8. Curva DCP.....	21
Figura 9. Gráfica de la presión vs penetración.....	22
Figura 10. Estructura del pavimento flexible.....	23
Figura 11. Estructura del pavimento rígido.....	24
Figura 12. Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica "a1"....	29
Figura 13. Nomograma para estimar el número estructural de la capa base "a2"	30
Figura 14. Nomograma para estimar el número estructural de la subbase "a3"	30
Figura 15. Espesores de las capas.....	32
Figura 16. Relaciones lineales y no lineales.....	33
Figura 17. Ubicación de los pozos del proyecto.....	37
Figura 18. Excavación pozo a cielo abierto.....	40
Figura 19. Densidad de campo.....	40
Figura 20. Ensayo DCP.....	41
Figura 21. Medición de la temperatura.....	41
Figura 22. Ensayo granulométrico.....	42
Figura 23. Ensayo copa de Casagrande.....	42

Figura 24. Rollos de la muestra de suelo	43
Figura 25. Compactación del suelo.....	43
Figura 26. Ensayo CBR	44
Figura 27. Carta de plasticidad AASHTO	55
Figura 28. Carta de plasticidad SUCS	56
Figura 29. Correlación LP vs LL	61
Figura 30. Correlación Gw% vs. Wnat.....	62
Figura 31. Correlación Ga% vs. Wnat	63
Figura 32. Correlación Wópt vs. LL – LP	64
Figura 33. Correlación Wópt vs. LL - Densidad In-Situ	65
Figura 34. Correlación Wópt vs. LL	66
Figura 35. Correlación Wópt vs. Gravedad específica	67
Figura 36. Correlación Wnat vs. Densidad In-Situ.....	68
Figura 37. Correlación Densidad seca máxima vs LL - Densidad In situ	69
Figura 38. Correlación Densidad seca máxima vs. LL - Wnat.....	70
Figura 39. Correlación Densidad seca máxima vs. LL – LP	71
Figura 40. Densidad seca máxima vs. LP – Wnat	72
Figura 41. Densidad seca In situ vs. Relación de vacíos	73
Figura 42. Correlación Índice de penetración vs. Ga %	74
Figura 43. Correlación Índice de penetración vs. IP – Ga %	75
Figura 44. Densidad seca In situ vs. Índice de penetración - Densidad seca máxima	76
Figura 45. Índice de penetración vs. LP.....	77
Figura 46. Correlación Índice de penetración vs. LL – LP.....	78

Figura 47. Correlación CBR vs. LL – LP	79
Figura 48. Correlación CBR vs. LP	80
Figura 49. Correlación CBR vs. Índice de penetración	81
Figura 50. Correlación CBR vs. Wópt.....	82
Figura 51. Correlación CBR vs Wnat - Densidad seca In situ.....	83
Figura 52. Correlación CBR vs. Gravedad específica - Densidad seca máxima	84
Figura 53. Correlación CBR vs. Wópt - Densidad seca máxima.....	85
Figura 54. Nomograma para estimar el coeficiente estructural a1 para la carpeta asfáltica	96
Figura 55. Nomograma para estimar el coeficiente estructural a2, para la base.....	97
Figura 56. Nomograma para estimar el coeficiente estructural a3, para la subbase .	98
Figura 57. Cálculo del número estructural SN, Programa AASHTO 93	100
Figura 58. Espesores para cada capa de pavimento	102
Figura 59. Correlación CBR vs. Índice de penetración	103
Figura 60. Cálculo del número estructural, programa AASHTO	104
Figura 61. Espesores por capa de pavimento	106

RESUMEN

En el presente trabajo experimental se tiene como propósito determinar las correlaciones entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de las parroquias Huambaló y Cotaló del cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

Se selección de manera aleatoria tres vías en cada parroquia, por cada vía se realizó 2 pozos a cielo abierto, en donde se ejecutaron los ensayos de campo (densidad de campo y DCP) y se extrajo una muestra representativa del suelo presente, para los ensayos de laboratorio (límites de Atterberg, gravedad específica, granulometría, compactación y CBR).

Una vez concluidos los ensayos, los datos obtenido fueron procesados y analizados, permitiendo conocer el tipo y las características del suelo. Además, se procedió al desarrollo de correlaciones entre las propiedades de los suelos, obteniéndose un total de 25. Estas correlaciones fueron, de aceptable a excelentes, puesto que su coeficiente de determinación varia entre el 50 y 100 por ciento.

Finalmente se realizó el diseño de un pavimento flexible mediante la norma AASHTO 93, tanto para el CBR de laboratorio y el CBR obtenido mediante la correlación con el DCP. En los espesores teóricos obtenidos no existió una variación considerable, por lo que se propuso 15 cm de sub base, 10 cm para la base y 5 cm de carpeta asfáltica para los dos casos.

Palabras clave: correlación, ensayos de campo, ensayos de laboratorio, CBR, DCP, Pavimento flexible, norma AASHTO.

ABSTRACT

The purpose of this experimental work is to determine the correlations between the laboratory CBR and the index and mechanical properties of the soils of the Huambaló and Cotaló parishes of the Pelileo canton, province of Tungurahua.

Three roads were randomly selected in each parish. For each road, two open pits were drilled, where field tests were performed (field density and DCP) and a representative sample of the soil present was extracted for laboratory tests (Atterberg limits, specific gravity, granulometry, compaction and CBR).

Once the tests were concluded, the data obtained were processed and analyzed, allowing us to know the type and characteristics of the soil. In addition, correlations between soil properties were developed, obtaining a total of 25. These correlations were acceptable to excellent, since their coefficient of determination varied between 50 and 100 percent.

Finally, the design of a flexible pavement was carried out using the AASHTO 93 standard, both for the laboratory CBR and the CBR obtained by correlation with the DCP. There was no considerable variation in the theoretical thicknesses obtained, so 15 cm of subbase, 10 cm for the base and 5 cm of asphalt binder were proposed for both cases.

Key words: correlation, field tests, laboratory tests, CBR, DCP, flexible pavement, AASHTO standard.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1.1 Antecedentes

En la naturaleza podemos encontrar suelos de diferente tamaño, forma y apariencia, es el material de construcción más abundante dentro de las prácticas de ingeniería civil, y constituye el soporte de las estructuras como edificios, vías, puentes entre otros, además se utiliza como material de terraplén vial, muros de tierra, rellenos [1]. De ahí parte la necesidad de estudiar las propiedades índice y mecánicas de los suelos, lo cual permitirá tener una acertada apreciación del tipo de suelo con el que se va a trabajar, de tal manera que ofrezca seguridad, durabilidad y estabilidad a las construcciones. [1]
[2]

La humanidad desde las primeras civilizaciones se vio en la necesidad de establecer vías de comunicación eficientes que facilitaran el intercambio y transporte de productos. El crecimiento de la población obligó a modificar las vías para que proporcionaran un servicio cómodo, seguro y eficiente. Hoy en día, el transporte por carretera constituye un elemento básico de calidad de vida en la mayoría de sociedades. [3]

En la actualidad el estudio de las propiedades índice y mecánicas del suelo es de gran importancia en el diseño y evaluación de las distintas capas del pavimento. El CBR es una de las propiedades primordiales puesto que evalúa la capacidad portante del suelo en subrasante, subbase y base, sin embargo, este ensayo resulta ser costoso y requerir de mayor tiempo. [4]

Por lo que desde hace alguno años se han obtenido valores aceptables de alta confiabilidad correlacionando el valor del CBR con el DCP, ya que el DCP evalúa la

capacidad resistente del suelo in-situ y proporciona información valiosa en menor tiempo. [5] [6]

Muhammed J. y Abdella M. en su investigación correlacionaron el CBR con las propiedades físicas del suelo, entre las propiedades que tomaron en cuenta se encuentran el contenido de humedad y la densidad de campo, puesto que estos factores influyen de manera significativa en el comportamiento de los suelos. Además, aplicaron diferentes técnicas para relacionar en ensayo DCP con los valores del CBR, obteniéndose una relación prometedora entre el CBR y DCP, los cuales pueden aplicarse para propósitos de diseño preliminar de pavimento [7].

Para un trabajo rápido y en beneficio del ingeniero de pavimentos, se requiere ecuaciones de correlación para vincular el CBR con el DCP obtenido. Prakash y Rakesh obtuvieron un buen ajuste con un modelo de correlación potencial entre el CBR y el DCP. [8]

En la investigación de Zumrawi M. manifiesta que predecir el CBR es simple y económico mediante el uso de la prueba DCP y las propiedades del suelo, puesto que estas permiten mediciones rápidas de las resistencias in situ. Los resultados de este estudio muestran que existe una relación lineal directa entre el CBR y DCP, por lo que recomienda aplicar estas pruebas para evaluar las características de resistencia de suelos compactados, subrasantes, capas de bases y terraplenes [9].

1.1.2 Justificación

El CBR es uno de los ensayos más extendidos y aceptados en el mundo, debido a que está asociado a un sinnúmero de correlaciones y métodos semi-empíricos de diseño de pavimentos. El CBR es un ensayo que permite evaluar la calidad de material de un suelo con base en su resistencia. [10] [11]

Desde hace décadas se ha utilizado el DCP para evaluar la capacidad resistente de explanadas y capas granulares de camino, carreteras y pistas de aeropuertos. Este estudio permite obtener datos de las capas superiores del suelo de manera rápida y precisa [12].

El módulo resiliente requerido para el cálculo de los espesores de las capas de pavimento, puede ser medido en laboratorio o a través del uso de correlaciones con el CBR, como la plantea la guía AASHTO [13].

En Colombia se encontró una nueva correlación entre el CBR y DCP, por medio de un modelo de regresión lineal, esta correlación ayuda a disminuir el costo de los estudios, siempre que se verifique que las condiciones hidrogeológicas y climáticas sean similares [14].

En las provincias de Tungurahua y Napo se realizó una investigación con la finalidad de obtener la correlación entre el CBR y DCP, lo cual permitirá su uso para el diseño de estructuras de pavimento en suelo con similares condiciones [15].

En la ciudad de Sincelejo, Colombia los investigadores Wilches F. & col. caracterizaron y encontraron una ecuación que correlaciona adecuadamente CBR y DCP para los suelos. Para esto seleccionaron 46 puntos aleatorios dentro de la red vial de la zona, obteniendo la curva DCP y el índice de penetración de un suelo ensayado in-situ. Determinaron la ecuación de correlación mediante regresión lineal y encontraron una ecuación de tipo potencial, esta ecuación se puede considerar como una alternativa confiable para la determinación indirecta del CBR basado en el índice DCP, puesto que tiene un coeficiente de determinación mayor al 80% [16].

La presente investigación tiene como propósito realizar la recolección de muestras en estado natural de los diferentes tipos de suelo presentes en las parroquias Huambaló y Cotaló del cantón Pelileo, con la finalidad de obtener sus propiedades índice y mecánicas, CBR y DCP, y establecer correlaciones que puedan emplearse en el diseño preliminar de pavimentos.

1.1.3 Fundamentación Teórica

1.1.3.1. Suelo

Agregado orgánico e inorgánico constituido por un conjunto de partículas con organización definida, cuyas propiedades varían vectorialmente, apareciendo los cambios en la dirección vertical, más rápido que en la dirección horizontal [17].

Es todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicios, hasta areniscas parcialmente cementadas, o lutitas suaves, dejando excluidas todas las rocas sanas ígneas o metamórficas y los depósitos altamente cementados que no se ablanden o desintegran rápidamente [18].

1.1.3.2. Clasificación del suelo

Numerosos sistemas de clasificación de suelos se han propuesto en el transcurso de los años, pero no existe un sistema reconocido internacionalmente. En Estados Unidos los sistemas más utilizados son el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS y el sistema de clasificación AASHTO [17].

1.1.3.2.1 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

El sistema clasifica a los suelos en dos categorías:

- a) Suelo de granulado-grueso, que son gravosos y arenosos con menos del 50% que pasa el tamiz N° 200. Los símbolos de este grupo son los prefijos **G** para suelo con grava y **S** para suelos con arena. [17]
- b) Suelos de granulado-fino, el 50% o más pasa el tamiz N° 200. Los símbolos de este grupo son los prefijos **M** para limos orgánicos, **C** para arcillas inorgánicas, **O** para limos y arcillas orgánicas, **Pt** es empleado para la turba y otros suelos altamente orgánicos. [19]

Otros símbolos usados son:

- **W** bien gradado
- **P** pobremente gradada
- **L** baja plasticidad (límite líquido menor a 50)
- **H** alta plasticidad (límite líquido mayor a 50) [20]

Tabla 1. Clasificación de suelos SUCS

División Mayor		Simbolo	Nombres Típicos	Criterio de clasificación en laboratorio					
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS	Másde la mitad del material es retenido en la malla N° 200 Másde la mitad del material es retenido en la malla N° 200 Las partículas de 0,075 mm de diámetro (malla N° 200) son aproximadamente las más pequeñas visibles a simple vista	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla N° 4 Para clasificación visual puede usarse 1/2cm como equivalente abertura malla	GW	Grava bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	Dependiendo del porcentaje de finos (fracción que pasa por la malla N°200) suelos gruesos se clasifican como: menos de 5% son GW,GP, SW, SP; másde 12% son GM, GC, SM, SC; DE 5% A 12% son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles (nunca puede ser GW-GP o SW-SP)	Coefficiente de uniformidad Cu mayor de 4 Coefficiente de curvatura Cc entre 1 y 3			
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN DE GW			
			GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo		Límites debajo de la "Línea A" o IP menor que 4	Arriba de "Línea A" y con IP entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles		
			GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla		Límites arriba de la "Línea A" y con IP mayor que 7			
			SW	Arenas bien graduadas, arenas con gravas poco o nada de finos		Coefficiente de uniformidad Cu mayor de 6 Coefficiente de uniformidad Cu entre 1 y 3			
			SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, poco o nada de finos		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DEGRADUACIÓN PARA SW			
		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	Límites abajo dela "Línea A" y con IP menor que 4		Arriba de "Línea A" y con IP entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles			
		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcillas	Límites arriba de la "Línea A" y con IP mayor que 7					
		SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS	Másde la mitad del material pasa por la malla N° 200 Las partículas de 0,075 mm de diámetro (malla N° 200) son aproximadamente las más pequeñas visibles a simple vista	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido menor de 50		ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente		
						CL	Arcillas inorganicas de baja amedia plasticidad, arcillas con		
						OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad		
				LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido mayor de 50		MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos		
CH	Arcillas inorgánicas de alta platicidad, arcillas francas								
OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de media								
Suelos altamente orgánicos	Pt	Turbas y otros suelos altamente orgánicos							

Fuente: Manual de Laboratorio de Joseph Bowles [19]

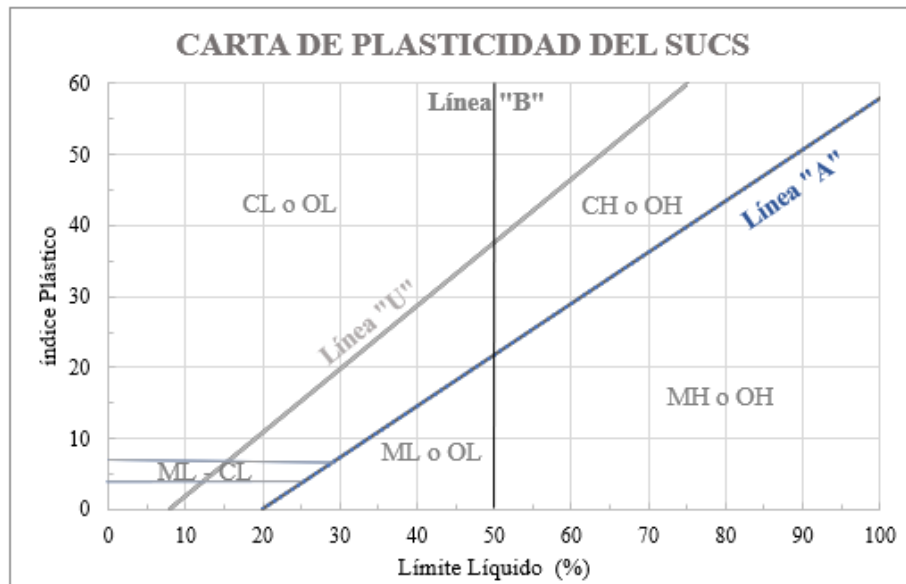


Figura 1. Ábaco de plasticidad SUCS

Fuente: Tablas y ábacos, Introducción a la mecánica de suelos. [21]

1.1.3.2.2 Sistema de clasificación AASHTO

El suelo es clasificado en siete grupos principales del A-1 al A-7. Los suelos que se encuentran en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares de los cuales el 35% o menos pasan por el tamiz N° 200. Suelos que más del 35% pasa el tamiz N° 200 se clasifican con los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7, estos suelos son en su mayoría del tipo limos y arcillas. [22]

El sistema basa su clasificación en los siguientes criterios [22]:

- a) Tamaño del grano
 - Grava: fracción que pasa el tamiz de 75mm (3") y es retenido en el tamiz N° 10.
 - Arena: fracción que pasa el tamiz N° 10 y es retenido en el tamiz N°200.
 - Limo y arcilla: fracción que pasa el tamiz N° 200.
- b) Plasticidad
 - Limoso: es aplicado cuando la fracción de finos del suelo tiene un índice de plasticidad de 10 o menos.

- Arcilloso: es aplicado cuando la fracción de finos tiene un índice de plasticidad de 11 o más.

Tabla 2. Clasificación de suelos AASHTO

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (Menos del 35% pasa por el tamiz nº 200)							MATERIALES LAMINARES (Más del 35% pasa por el tamiz nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Subgrupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Análisis granulométrico: % que paso el tamiz: Nº 10 Nº 40 Nº 200	50 máx. 30 máx. 15 máx.	50 máx. 25 máx.	51 máx. 10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción que pasa por el tamiz nº 40 Límite líquido Índice de plasticidad (1)			No plástico	40 máx. 10 máx.	41 mín. 10 máx.	40 máx. 11 mín.	41 mín. 11 mín.	40 máx. 10 máx.	41 mín. 10 máx.	40 máx. 11 mín.	41 mín. 11 mín.
Índice del grupo (2)	0		0	0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de materiales preponderantes	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Valor general como cimiento	Excelente a bueno						Regular a malo				

Fuente: Recommended Practice AASHTO M 145-82 [23]

1.1.3.3. Tamaño de las partículas

1.1.3.3.1 Suelos granulares

Gravas (G)

Son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y tienen entre 7.62 cm (3") hasta 2.0 mm. La forma de las partículas de las gravas y su relativa frescura mineralógica depende de la historia de su formación, encontrándose variaciones desde elementos rodados a los poliédricos. Cuando son acarreados por las aguas las gravas sufren desgastes en sus aristas por lo tanto son redondeadas. [24] [19]

Arenas (S)

Material de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, cuyas partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro. El origen y la existencia de las arenas es similar a la de las gravas, las dos suelen encontrarse juntas en los mismos depósitos. La arena de río contiene a menudo proporciones relativamente grandes de gravas y arcilla. Las arenas cuando están limpias no se

contraen al secarse, no son plásticas, son mucho menos compresibles que la arcilla y si se aplica una carga en su superficie, se comprimen casi de manera instantánea. [24]

1.1.3.3.2 Suelos finos

Limos (M)

Los limos son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser *limo inorgánico* el producido en canteras, o *limo orgánico* el que suele encontrarse en los ríos. El diámetro de las partículas de los limos está comprendido entre 0.05 mm y 0.005 mm. Su color varía desde gris claro a muy oscuro. La permeabilidad de los limos orgánicos es muy baja y su compresibilidad muy alta [24].

Arcillas (C)

Partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. La estructura de estos minerales es generalmente cristalina y complicada y sus átomos están dispuestos en forma laminar [25].

1.1.3.4. Exploración y muestreo

Para la clasificación preliminar de un suelo o para determinar sus propiedades en el laboratorio, es necesario contar con porciones o muestras del mismo. [26]

1.1.3.4.1 Muestras inalteradas

Cuando se toman todas las precauciones para procurar que la muestra este en las mismas condiciones que el terreno del cual procede, por lo tanto, mantiene sus propiedades índice y técnicas. Esta muestra es obtenida por métodos de perforación con equipos especiales. [24] [17]

1.1.3.4.2 Muestras alteradas

Cuando no importa conservar las características anteriores. Muestra obtenida por métodos de excavación generalmente pozos a cielo abierto o taludes, esta muestra a perdido sus características de sitio tales como la resistencia, la relación de vacíos, la porosidad, entre otras, sin embargo, mantiene la granulometría y el contenido de humedad natural [24].

1.1.3.4.3 Muestra integral

Muestras obtenidas en perforaciones en roca, por lo que generalmente forman cilindros o testigos que deben representar al menos el 90% de la profundidad estudiada [24].

1.1.3.4.4 Muestreo superficial

Pozo a cielo abierto

Se abre pozos de 1.0 m * 1.5 m o 2.0 m hasta una profundidad máxima de 15 m o bien hasta encontrar material no excavable con pico o pala.

1.1.3.5. Relaciones volumétricas de los suelos [17]

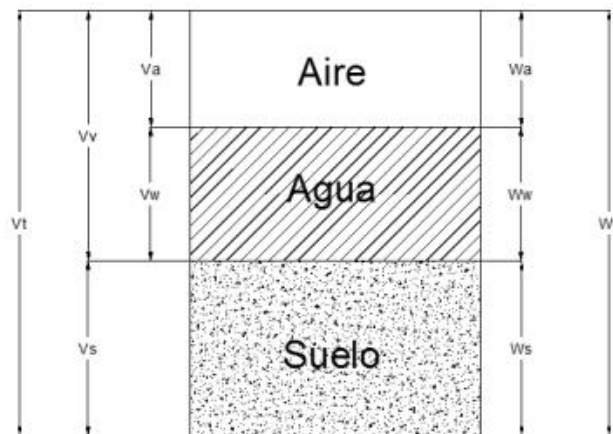


Figura 2. Diagrama de fases que componen el suelo

Fuente: Mecánica de suelos, Gonzalo Duque [17].

Donde:

Va: Volumen de aire presente en la masa de suelo

Vw: Volumen de agua presente en la masa de suelo

Vv: volumen de vacíos presente en la masa de suelo

Vs: Volumen de sólidos presente en la masa de suelo

Vt: Volumen total de la masa de suelo

Wa: Peso del aire presente en la masa de suelo. Se considera igual a cero.

Ww: Peso del agua presente en la masa de suelo.

Ws: Peso seco de los sólidos.

Wt: Peso total de la masa de suelo [17].

1.1.3.5.1 Suelo saturado

Se considera que un suelo está saturado cuando el total de sus vacíos están ocupados por agua, de tal forma que se presente solamente fase líquida y fase sólida. [17]

1.1.3.5.2 Suelo seco

Se considera que un suelo es seco cuando el total de su volumen está constituido por suelo y hay ausencia de agua en su estructura [26].

1.1.3.6. Propiedades índices de los suelos

1.1.3.6.1 Contenido de humedad (w%)

El contenido de humedad de un suelo es la relación existente entre la masa de agua contenida dentro de la estructura porosa del suelo y la masa propia de las partículas del suelo [19].

$$w\% = \frac{Ww}{Ws} * 100$$

Donde:

w : Contenido de humedad de la muestra de suelo.

Ww : Peso del agua.

Ws : Peso de los sólidos.

1.1.3.6.2 Relación de vacíos (e)

Relación existente entre el volumen de vacíos y el volumen de los sólidos [26].

$$e = \frac{Vv}{Vs}$$

Donde:

e : Relación de vacíos.

V_v: Volumen de vacíos.

V_s: volumen de sólidos.

1.1.3.6.3 Porosidad (n)

Relación entre el volumen de vacíos y el volumen de su masa. Los valores obtenidos normalmente se encuentran entre el 20 y 95% [17].

$$n\% = \frac{V_v}{V_t}$$

Donde:

n% : Porosidad

V_v: Volumen de vacíos

V_t: Volumen de la masa de suelo.

1.1.3.6.4 Grado de saturación de agua (Gw%)

Relación existente entre el volumen de agua y el volumen de los vacíos. Su valor se representa en porcentaje, el 0% representa a un suelo completamente seco y el 100% a un suelo saturado [27].

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

Donde:

Gw% : Grado de saturación de agua.

V_w : Volumen de agua.

V_v : Volumen de vacíos.

1.1.3.6.5 Grado de saturación de aire (Ga%)

Relación entre el volumen de aire y el volumen de los vacíos, se expresa en porcentaje. Su aplicación está limitada a los factores de consolidación de los suelos [17].

$$Ga\% = \frac{Va}{Vv} * 100$$

Donde:

Ga% : grado de saturación de aire.

Va: Volumen de aire.

Vv: Volumen de vacíos.

1.1.3.6.6 Densidad de campo (Cono y arena)

Este método permite determinar la relación entre la humedad y el peso unitario seco de los suelos [19].

El método se realiza en campo mediante una pequeña perforación de forma cilíndrica y cuya exactitud y dimensiones exactas depende del tipo de material. Utilizando el cono y arena, se puede conocer el volumen de la perforación y junto con el peso húmedo del material extraído se determina la densidad humedad del material. Además, se puede determinar el valor de la densidad seca del material mediante el contenido de humedad de esta [28].

1.1.3.6.7 Gravedad Específica

Se define como la relación entre el peso unitario del suelo y el peso específico del agua [17] [19].

$$G_s = \frac{W_s}{V_s * \gamma_w}$$

Donde:

G_s = Gravedad específica del suelo.

W_s = Peso de los sólidos.

V_s = Volumen de los sólidos.

γ_w = Peso específico del agua.

1.1.3.6.8 Límites de Atterberg

Estos límites son útiles en la ingeniería para poder clasificar un suelo debido a que el comportamiento de este se ve influenciado por la presencia de agua y esto se acentúa cuanto menor es el tamaño de las partículas que componen dicho suelo [28].

Límite líquido (LL)

Contenido de humedad con el cual el suelo deja de ser semilíquido y pasa a plástico. Se determina mediante el método de la copa de Casagrande, el cual consiste en colocar el suelo sobre la copa y hacerle una ranura trapecial a continuación se deja caer la copa metálica sobre una superficie dura de características específicas [19].

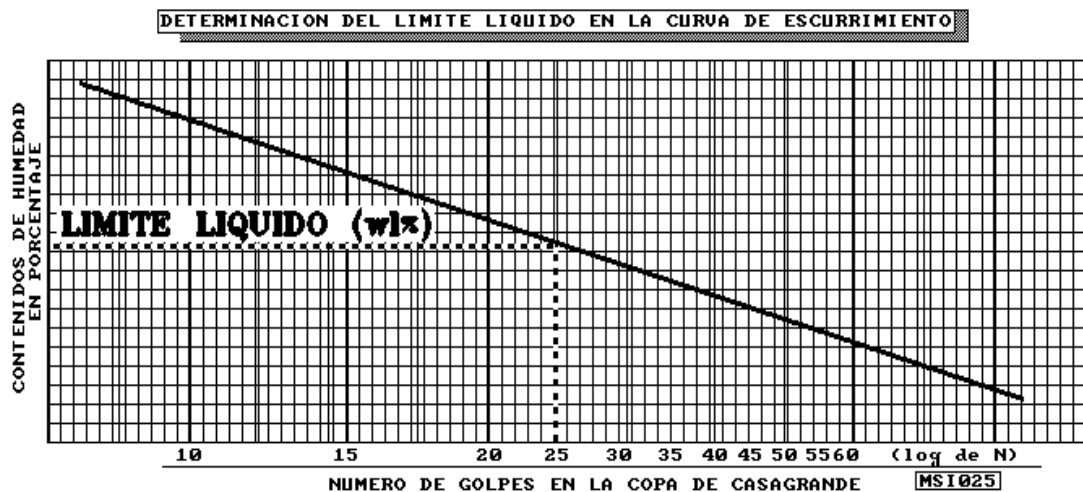


Figura 3. Gráfico para el cálculo del límite líquido

Fuente: MECÁNICA DE SUELO Y ROCAS: Prácticas y Ensayos [29].

La curva de escurrimiento representa la relación de su contenido de humedad en escala natural o aritmética el porcentaje de humedad y el número de golpes en escala logarítmica. Se traza una línea recta entre los tres o más puntos. El contenido de

humedad que corresponde a la intersección de la curva de escurrimiento con la ordenada de 25 golpes, debe tomarse como límite líquido de suelo [17].

Límite plástico (LP)

Contenido de humedad con el cual el suelo deja de ser plástico y se convierte en semiplástico. La prueba para determinar el límite plástico consiste en formar rollitos de 1/8" (3 mm) sobre una superficie plana, lisa y no absorbente, usualmente se utiliza una placa de vidrio. Cuando ocurra el desmoronamiento y agrietamiento, en ese momento se determinará rápidamente su contenido de agua, que es el límite plástico.

El límite plástico es muy afectado por el contenido orgánico del suelo, ya que eleva su valor sin aumentar simultáneamente el límite líquido. Por tal razón los suelos con contenido orgánico tienen bajos índices plásticos y límites líquidos altos [19].

Índice de plasticidad (IP)

El índice de plasticidad o índice plástico es la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico [17].

$$IP = LL - LP$$

Tabla 3. Valores referenciales del índice de plasticidad

IP > 20	Suelos muy arcillosos
IP > 10	Suelos arcillosos
IP < 4	Suelos poco arcillosos
IP = 0	Suelos exentos de arcilla

Fuente: Mecánica de suelos y estudios geotécnicos en obras de ingeniería [23]

1.1.3.6.9 Granulometría

Proceso para determinar la proporción en que participan los granos del suelo, en función de sus tamaños [19].

Método del tamizado

Una muestra representativa de masa conocida de suelo se pasa a través de una serie de tamices estándar con aberturas cada vez más pequeñas y luego se mide la masa retenida en cada uno de los tamices. Con este porcentaje se puede calcular el porcentaje de la masa de la muestra que pasa a través de cada tamiz para representarlo en función de la abertura correspondiente [29].

Tabla 4. Abertura de los tamices

Designación por tamaño de la abertura	Normas ASTM	
	Designación	Tamaño de la abertura
75 mm	3 pulg	75 mm
63 mm	2 pulg	50 mm
50 mm	1 1/2 pulg	37.5 mm
37.5 mm	1 pulg	25 mm
28 mm	3/4 pulg	19 mm
20 mm	3/8 pulg	9.5 mm
14 mm	N° 4	4.75 mm
10 mm	N° 8	2.36 mm
6.3 mm	N° 10	2 mm
5 mm	N° 16	1.18 mm
3.36 mm	N° 20	850 μm
2 mm	N° 30	600 μm
1.18 mm	N° 40	425 μm
600 μm	N° 50	300 μm
425 μm	N° 60	250 μm
300 μm	N° 100	150 μm
212 μm	N° 140	106 μm
150 μm	N° 200	75 μm

Fuente: Mecánica de suelos y estudios geotécnicos en obras de ingeniería [23]

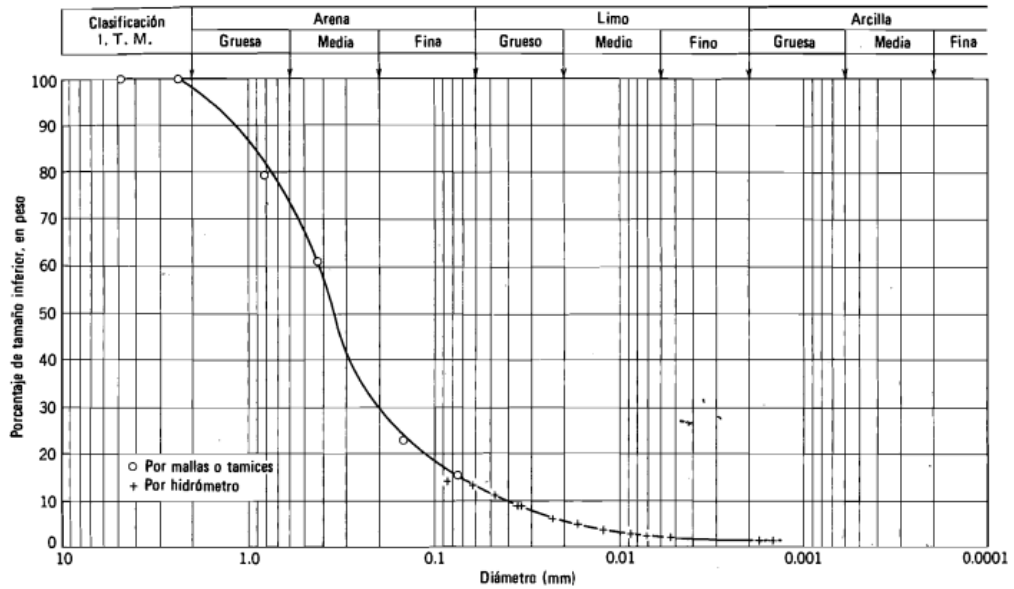


Figura 4. Curva granulométrica de un suelo

Fuente: Mecánica de SUELO, Lambe [24]

La gráfica de la distribución granulométrica suele dibujarse con porcentajes como ordenadas y el tamaño de las partículas como abscisas. Las ordenadas se refieren al porcentaje en peso de las partículas menores que el tamaño correspondiente, las abscisas se representan en escala logarítmica. [23]

La pendiente de la curva da una idea inmediata de la distribución granulométrica del suelo, entre más tendida sea la curva el suelo tendrá una buena granulometría, gradación y distribución de las partículas, será heterogéneo. [23] [24]

Diámetro Efectivo (D_{10})

Tamaño del grupo de partículas que representa al 10% del material que pasa, expresado en milímetros. [17]

Diámetro Equiparable (D_{30})

Tamaño del grupo de partículas que representa al 30% del material que pasa, expresado en milímetros. [24]

Diámetro Dimensional (D_{60})

Tamaño del grupo de partículas que representa al 60% del material que pasa, expresado en milímetros. [17]

Coefficiente de uniformidad

Allen Hazen propuso el coeficiente de uniformidad, el cual en realidad representa un coeficiente de no uniformidad, ya que su valor numérico decrece cuando la uniformidad aumenta. Los suelos con $C_u < 3$ se considera muy uniforme. [17]

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

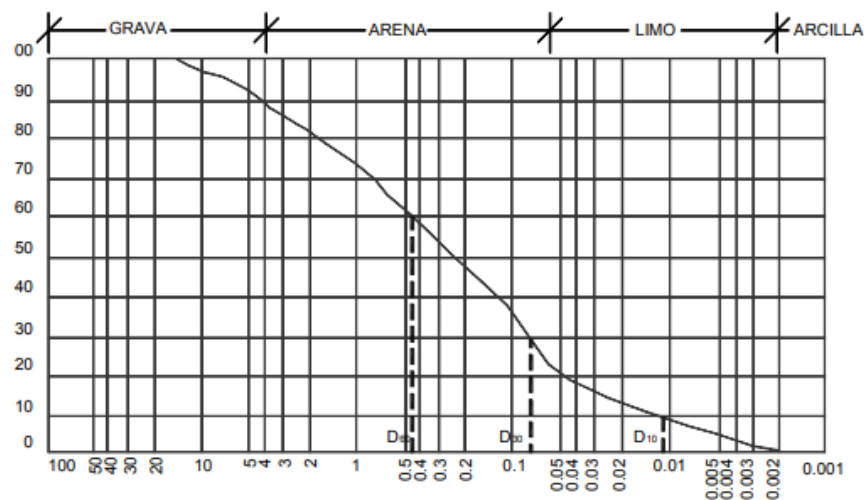


Figura 5. Representación granulométrica

Fuente: Mecánica de SUELOS, Lambe [24]

Coefficiente de curvatura (C_c)

Este coeficiente es útil para poder determinar la graduación del material. Esta relación tiene un valor entre 1 y 3 en suelos bien graduados, con amplio margen de tamaños de partículas y cantidades apreciables de cada tamaño intermedio. Cuando el C_c es menor que la unidad o mayor que 3, los suelos serán uniformemente distribuidos, en conclusión, mal graduados [17].

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

1.1.3.7. Propiedades mecánicas del suelo

1.1.3.7.1 Ensayo Proctor

La resistencia de un suelo depende principalmente de su compactación y como consecuencia de su densidad. Cuanto más compacto y denso es un suelo, más resistente será. La resistencia depende también del contenido de humedad natural [30].

El ensayo Proctor tiene como finalidad determinar la cantidad óptima de agua de un suelo, que permite la mejor compactación [23].

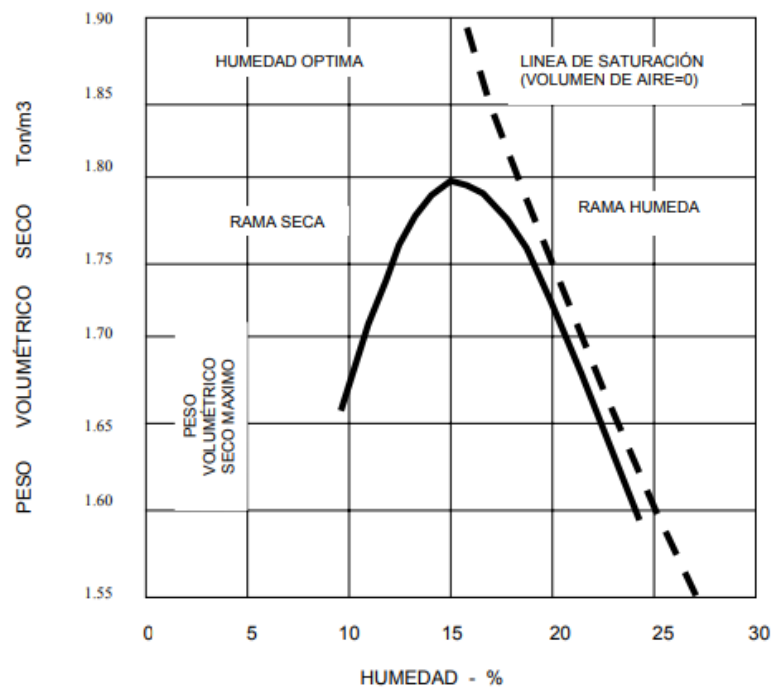


Figura 6. Curva típica de compactación

Fuente: Mecánica de suelos y estudios geotécnicos en obras de ingeniería [23]

Ensayo estándar

La prueba consiste en compactar el suelo en tres capas, dentro de un molde de dimensiones y forma especificadas, por medio de golpes de una maza, la cual se deja caer desde una altura determinada. Dentro del molde el suelo debe colocarse en tres capas las cuales se compactan dando 25 golpes repartidos en el área del cilindro por cada capa. [17]

El molde es un cilindro de 0.94 litros, de capacidad aproximada $1/30 \text{ pie}^2$, de 10.20 cm (4") de diámetro y 11.70 cm (4.59") de altura, provisto de una extensión desmontable de igual diámetro y 5 cm (2") de altura, el molde debe fijarse a una base metálica con tornillos de mariposa. [23]

La masa es de 2.5 kg (5.50 libras) que se deja caer desde una altura de 30.50 cm (12") [23].

Ensayo: Estándar				
Norma: AASHTO T-99				
Pisón(w): Martillo cilíndrico de 5,5 lb				
Impacto(h): Altura de caída 12"				
METODOS	A	B	C	D
Material que pasa	Tamiz # 4	Tamiz # 4	Tamiz $3/4$ "	Tamiz $3/4$ "
Diámetro molde	4"	6"	4"	6"
Número de capas (n)	3	3	3	3
Número de golpes (N)	25	56	25	56
Volumen estándar (V)	$1/30 \text{ pie}^3$	$1/13.33 \text{ pie}^3$	$1/30 \text{ pie}^3$	$1/13.33 \text{ pie}^3$
Energía de compactación (E_c)	$E_c = \frac{N * n * w * h}{V}$			

Tabla 5. Datos ensayo Proctor estándar

Fuente: Laboratorio de Suelos [28].

Proctor modificado

Debido a que la prueba del Proctor estándar empezó a no lograr representar de forma adecuada las compactaciones, esta fue modificada. Se elevó el número de capas de 3 a 5, se incrementó el peso de la masa a 4.5 kg (10 libras) y la altura de caída a 45.7 cm (18"), se mantuvo en 25 golpes por cada capa [26].

Ensayo: Modificado				
Norma: AASHTO T-180				
Pisón(w): Martillo cilíndrico de 10 lb				
Impacto(h): Altura de caída 18"				
METODOS	A	B	C	D
Material que pasa	Tamiz # 4	Tamiz # 4	Tamiz ¾"	Tamiz ¾"
Diámetro molde	4"	6"	4"	6"
Número de capas (n)	5	5	5	5
Número de golpes (N)	25	56	25	56
Volumen estándar (V)	1/30 pie ³	1/13.33pie ³	1/30 pie ³	1/13.33 pie ³
Energía de compactación (Ec)	$Ec = \frac{N * n * w * h}{V}$			

Tabla 6. Datos ensayo Próctor modificado

Fuente: Laboratorio de Suelos [19]

1.1.3.7.2 Cono de penetración dinámica (DCP)

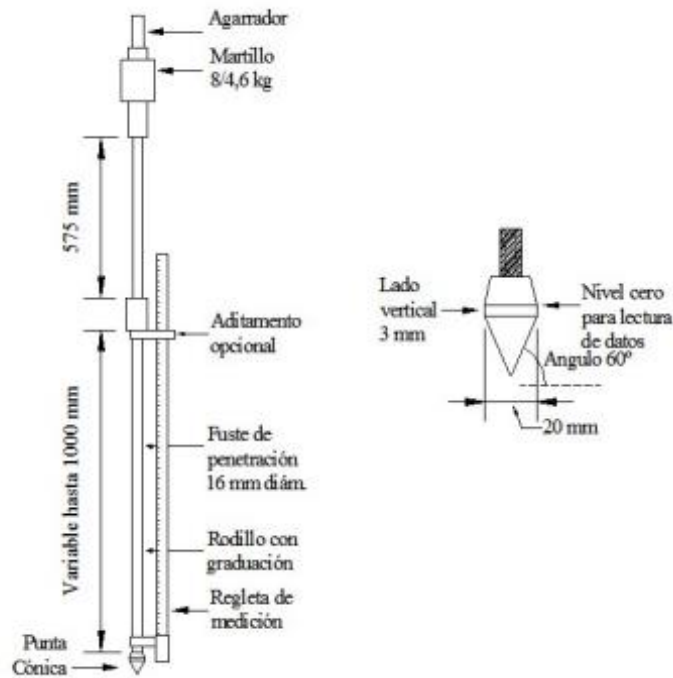


Figura 7. Esquema del Cono de Penetración Dinámico (ASTM D-6951-03)

Fuente: El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos. [31]

El DCP es un método no destructivo que estima la capacidad estructural de las diferentes capas que conforman un terreno natural o suelo de fundación.

El ensayo consiste en introducir un cono con un ángulo de 60° y un diámetro de 20 mm en el suelo, golpeándolo repetidamente con un martillete de 8 kg el cual tiene una caída libre de 575 mm. La penetración del cono se mide y registra después de cada golpe [31] [32].

La curva DCP represente la penetración acumulada en función del número de golpes.

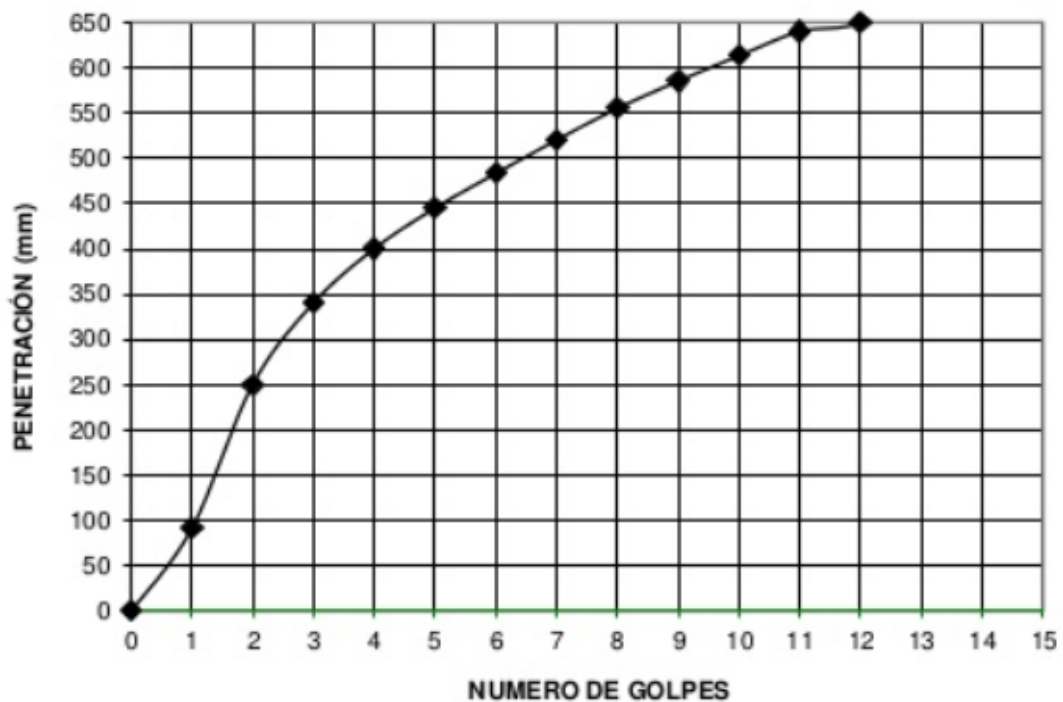


Figura 8. Curva DCP

Fuente: El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos. [31]

1.1.3.7.3 Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

El ensayo CBR tiene como finalidad medir la resistencia mecánica de un suelo, partiendo de las condiciones definidas mediante el ensayo Proctor [33] El valor de CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente para base y subrasante [28].

Los ensayos CBR se los realiza sobre muestras compactadas con el contenido de humedad óptimo, la muestra se sumerge en agua durante 4 días de forma que las condiciones sean lo más desfavorables posibles. Se carga el suelo con arandelas que representan el peso de las capas de tierra situadas encima, las cuales tendrá que soportar.

El ensayo de penetración se lleva a cabo en una máquina de compresión que utiliza una tasa de deformación unitaria de 1.27mm/min. Se toman lecturas de carga contra penetración a cada 0.5mm de penetración hasta llegar a un valor de 5.0mm, desde aquí se toman lecturas con 2.5 mm de incremento, hasta obtener una penetración total [28].

A continuación, ya se puede dibujar la curva tensiones-penetraciones, sobre la cual se leerá el valor de la presión de perforación para 1/10 y 1/20 de pulgada (2.54 y 5.08 mm). El primero de estos valores hay que dividirlo por 70.3 kgf/cm² y el segundo por 105.1 kgf/cm². Se tomará el mayor valor de los dos cocientes y multiplicándolo por 100 se obtendrá el coeficiente CBR [34] [35].

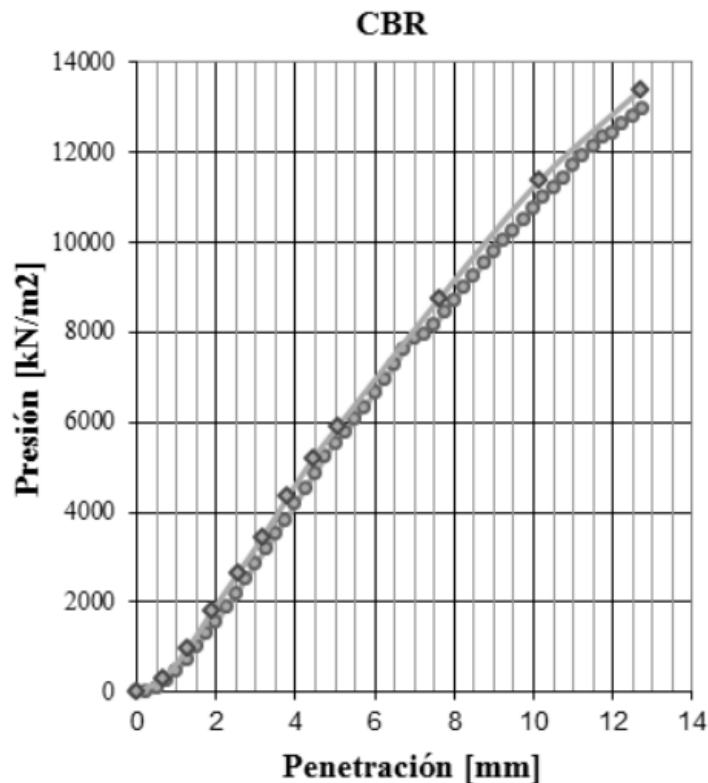


Figura 9. Grafica de la presión vs penetración

Fuente: El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos [31]

1.1.3.8. Pavimentos

El pavimento es una estructura de diferentes capas construidas encima de la subrasante, está diseñado para resistir y distribuir los esfuerzos generados por las cargas de tránsito y transmitirlos a los estratos inferior [36].

1.1.3.8.1 Tipos de Pavimentos

1.1.3.8.1.1 Pavimentos Flexibles

También conocido como pavimento asfáltico, cuenta con una capa de rodadura compuesta por materiales bituminosos. Este pavimento requiere un mantenimiento constante para cumplir con la vida útil.

La distribución de tensiones y deformaciones producidas por las cargas de tráfico es hacia las capas inferiores, debido a lo cual el revestimiento asfáltico sufre pequeñas deformaciones [37].

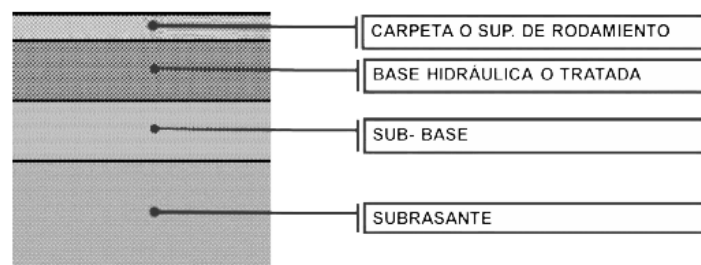


Figura 10. Estructura del pavimento flexible

Fuente: Pavimentos Rígidos y Flexibles, Ventajas y Desventajas [3]

Está formado por capas de diversos materiales cuya resistencia disminuye conforme se incrementa la profundidad a la que están colocados [3].

1.1.3.8.1.2 Pavimentos Rígidos

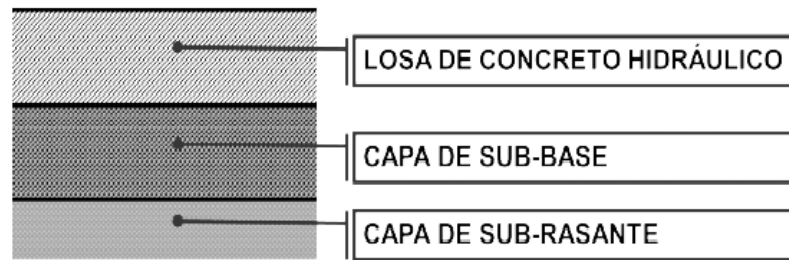


Figura 11. Estructura del pavimento rígido

Fuente: Pavimentos Rígidos y Flexibles, Ventajas y Desventajas [3]

Cuentan con una superficie de rodadura de losas de concreto hidráulico, suelen presentar en algunas ocasiones un armado de acero. El mantenimiento requerido es mínimo y generalmente solo se lo realiza en las juntas de las losas.

Debido a que tiene una mayor rigidez, la distribución de las cargas de tráfico es hacia las capas inferiores por medio del área total de la losa y de las losas adyacentes [38].

1.1.3.8.1.3 Pavimentos semirrígidos

Los Pavimentos compuestos o semirrígidos, están integrados por un pavimento rígido y un pavimento flexible, por lo general la capa rígida está por debajo y la capa flexible encima. Suelen tener una mayor capacidad estructural, como consecuencia tiene un mejor desempeño [36].

1.1.3.9. Componentes de un pavimento

1.1.3.9.1 Capa de rodadura

Parte superior de un pavimento, soporta de manera directa las solicitaciones del tránsito, impermeabiliza el pavimento, para que las capas inferiores mantengan su capacidad de soporte. Provee una superficie resistente al deslizamiento, reduce las tensiones verticales que la carga por eje ejerce sobre la capa base, con la finalidad de controlar la acumulación de deformaciones plásticas. [39]

1.1.3.9.2 Capa base

La base es la capa que se encuentra debajo de la capa de rodadura, su función es absorber la mayor parte de los esfuerzos verticales y resistir a la deformación de las cargas de tráfico repetitivas. Permite el drenaje del agua que se infiltra en el pavimento, por medio de los drenajes longitudinales. El tipo de base que se emplee depende de las características del tránsito. [39]

1.1.3.9.3 Capa subbase

La subbase es la capa que se monta sobre la subrasante. Su función es proveer a la base un cimiento uniforme y construir una adecuada plataforma de trabajo para su colocación y compactación. Esta capa puede no ser necesaria cuando la subrasante tiene una elevada capacidad de soporte. [39]

1.1.3.9.4 Capa subrasante

La capa subrasante debe recibir y soportar las cargas producidas por el tránsito, sin sufrir deterioros o deformaciones que afecten a la integridad del pavimento. [39]

Esta capa es considerada con la cimentación del pavimento, puede estar constituida por el terreno natural o por un material seleccionado [39].

1.1.3.10. Diseño de pavimentos flexibles

1.1.3.10.1 Método AASHTO

El método AASHTO-1993 se basa principalmente en identificar el número estructural (SN) para el pavimento, el cual pueda soportar el nivel de carga solicitado. [36]

Ecuación de diseño método AASHTO

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R * S_o + \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Donde:

W_{18} = Número de ejes equivalente.

Z_R = Desviación estándar normal.

S_o = Desviación global, error estándar combinado de la predicción del tránsito y la predicción del desempeño.

ΔPSI = Cambio en la servicialidad, diferencia entre el índice de desempeño inicial y el índice de desempeño final.

M_R = Módulo de resiliencia.

SN = Número estructural indicativo del espesor total requerido.

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

Donde:

a = Coeficiente de la capa.

D = Espesor de la capa.

m = coeficiente de drenaje de la capa [36].

1.1.3.10.2 Índice de servicio

El Índice de Servicio Presente (PSI), se obtiene de las mediciones de rugosidad y daño (bacheo, agrietamiento, ahuellamiento, etc.) en un determinado momento durante la vida de servicio del pavimento. La escala del PSI varía de 0 a 5, siendo 5 el valor más alto [37].

El índice de servicio inicial, es el valor estimado que tendrá el pavimento inmediatamente des pies de la construcción. El valor establecido por medio del ensayo AASHTO es de 4.2. [36]

El índice de servicio final, es el nivel mínimo aceptable antes de rehabilitar la estructura. Este valor puede variar entre 3 y 1.5, dependiendo del tipo de carretera [36].

1.1.3.10.3 Módulo de Resiliencia

Este ensayo describe el comportamiento del suelo al ser sometido a cargas dinámicas de ruedas, que al moverse impacten un pulso dinámico a todas las capas del pavimento

y a la subrasante, como respuesta a este pulso cada capa del pavimento sufre una deflexión. Debido a que en la actualidad no todas las entidades cuentan con los equipos necesarios para realizar este ensayo, se puede estimar el valor del M_R en función de las correlaciones con el CBR [36].

$$M_R(\text{psi}) = 1500 * CBR \text{ para } CBR < 10\%$$

$$M_R(\text{psi}) = 3000 * CBR^{0.65} \text{ para } CBR \text{ de } 7.2\% \text{ a } 20\%$$

$$M_R(\text{psi}) = 4326 - \ln CBR + 241 \text{ para suelos granulares}$$

1.1.3.10.4 Periodo de Diseño

Tiempo para el cual se determinan las características del pavimento, evaluando su comportamiento para las alternativas a largo plazo, con la finalidad de satisfacer las exigencias del servicio durante el periodo elegido, considerando el factor económico. [38]

La AASHTO recomienda los siguientes periodos de diseño en función del tipo de carretera. [37] [38]

Tabla 7. Periodos de diseño en función del tipo de carretera

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

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993 [37]

1.1.3.10.5 Tránsito en ejes equivalentes

El tránsito equivalente (W_{18}) representa el factor destructivo de los ejes sencillos con llantas gemelas y con un peso estándar de 8.2 ton (18000 lb) acumulados durante el periodo de diseño, el cual produce el mismo daño que el tránsito mezclado. [36]

Tabla 8. Factor de distribución por carril

Número de carriles en una dirección	Porcentaje del W_{18} en el carril de diseño
1	100
2	80 a 100
3	60 a 80
4	50 a 75

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993 [38]

1.1.3.10.6 Nivel de confiabilidad (R)

La confiabilidad es la probabilidad de que una sección de pavimento, diseñado por medio de este proceso, se desempeñe de forma satisfactoria para las condiciones de tránsito vigentes durante el periodo de diseño. [38]

Con la confiabilidad R, se intenta llegar a un nivel de certeza en el método de diseño, para asegurar con esto que las diversas alternativas de la sección estructural duren como mínimo el periodo de diseño. [38]

La AASHTO-93 recomienda valores desde 50 hasta 99.9 para los parámetros de confiabilidad [36].

Tabla 9. Valores del nivel de confianza R de acuerdo al tipo de camino

Nivel de confiabilidad R recomendado		
Clasificación funcional	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993 [37]

1.1.3.10.7 Desviación Estándar Global (S_0)

Este parámetro está relacionado directamente con la confiabilidad. Para el caso de las variaciones del tránsito futuro proyectado el rango de los valores oscila entre 0.40 y 0.50, se considera un valor recomendado de 0.45 para pavimentos flexibles. [38]

1.1.3.10.8 Coeficientes estructurales (a_1, a_2, a_3)

Estos coeficientes representan la capacidad estructural del material para resistir las cargas solicitantes, están basados en correlaciones obtenidas a partir de la prueba AASHTO 1958-1960. [38]

Coeficiente estructural para la carpeta asfáltica (a_1)

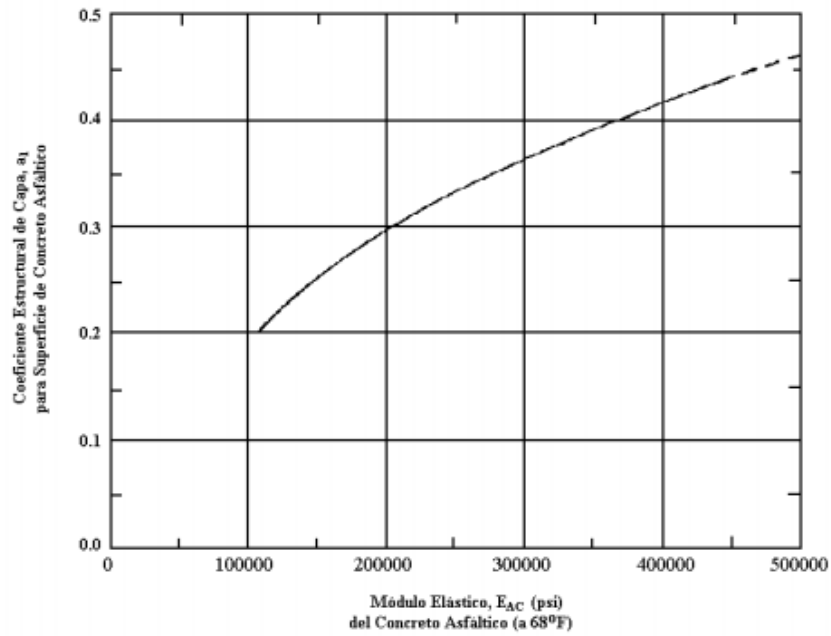


Figura 12. Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica " a_1 "

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993 [37]

Coefficiente estructural para la base (a_2)

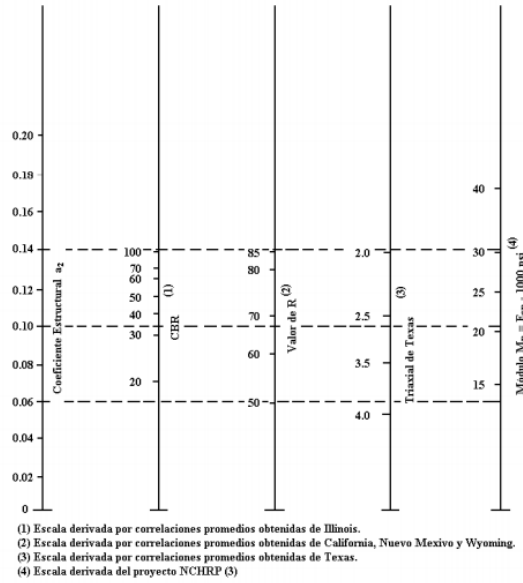


Figura 13. Nomograma para estimar el número estructural de la capa base "a2"

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993 [37]

Coefficiente estructural para la sub-base (a_3)

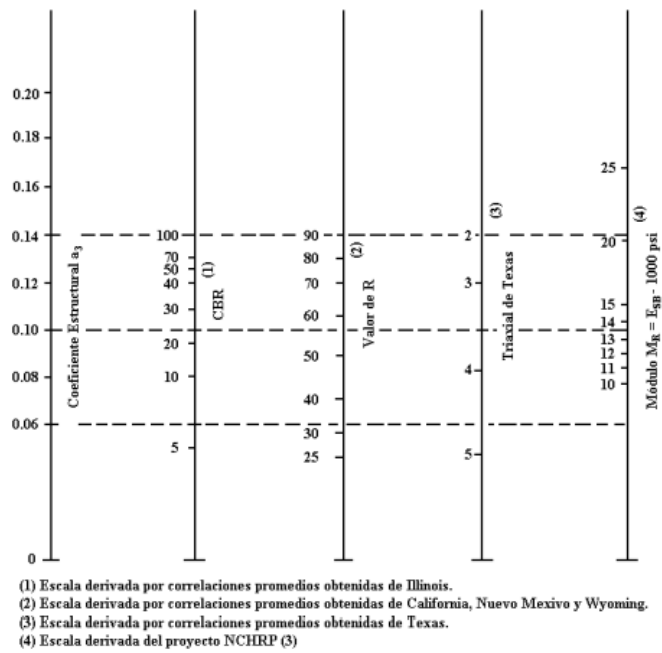


Figura 14. Nomograma para estimar el número estructural de la subbase "a3"

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993 [37]

1.1.3.10.9 Coeficientes de drenaje (m_2, m_3)

La AASHTO considera los efectos del drenaje en el diseño de los pavimentos por medio de los coeficientes estructurales. Estos se escogen en función de la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo que las capas granulares estarán sometidas a niveles de humedad cercanos a la saturación. [37]

Tabla 10. Capacidad de drenaje

Calidad del drenaje	Agua eliminada en:
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Aceptable	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	El agua no drenará

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993 [37]

Tabla 11. Coeficiente de drenaje para pavimentos

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

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993 [37]

1.1.3.10.10 Espesores mínimos en función del Número Estructural (SN)

Mediante el control de espesores D_1 , D_2 y D_3 , se busca dar protección a las capas granulares contra las deformaciones permanentes como se muestra en la figura [36].

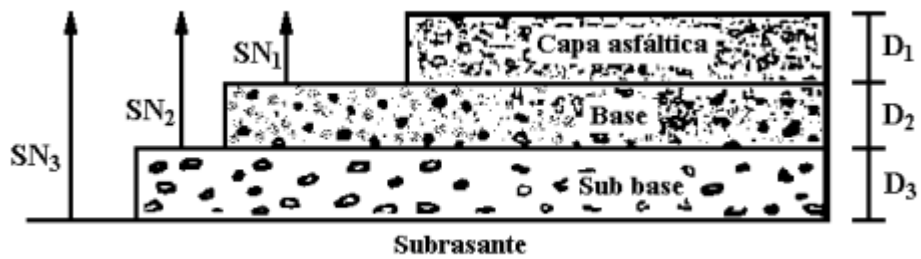


Figura 15. Espesores de las capas

Fuente: PAVIMENTOS, UNAM [36].

1.1.3.11. Análisis de correlaciones

La correlación indica el grado de asociación entre dos variables (correlación simple) o más variables (correlación múltiple). Se clasifican en:

- Lineal o curvilínea, según la nube de puntos.
- Positiva o directa, cuando al aumentar una variable aumenta la otra y viceversa.
- Negativa o inversa, cuando al crecer un variable, la otra decrece y viceversa.
- Nula, cuando no existe ninguna relación y la nube de puntos esta dispersa [40].

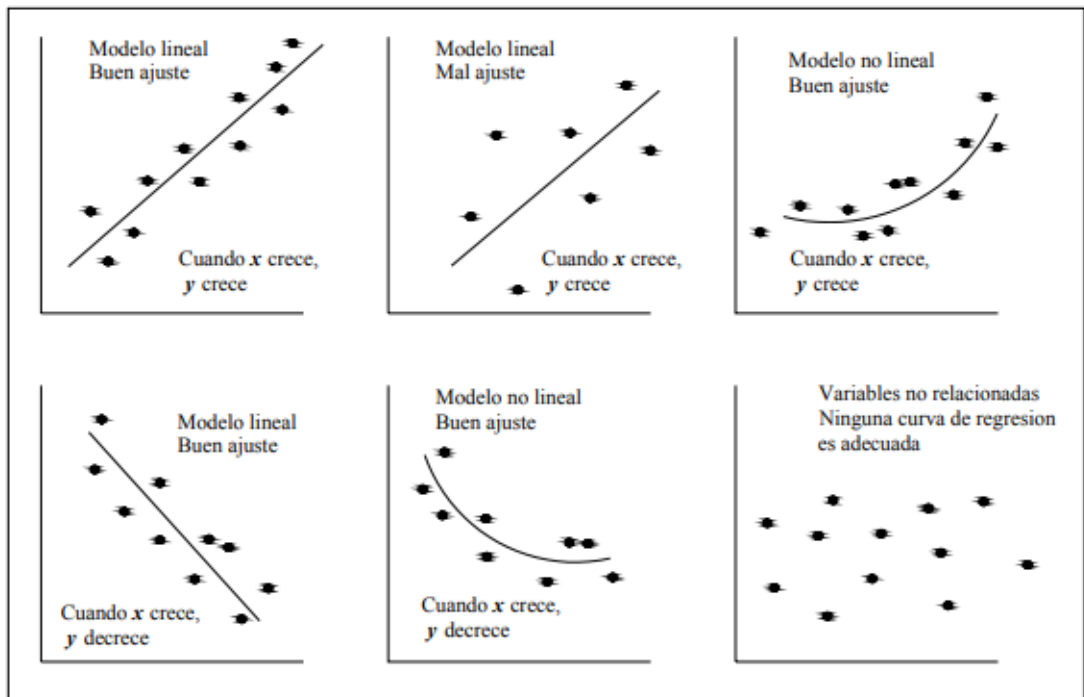


Figura 16. Relaciones lineales y no lineales

Fuente: El sentido de correlación y relación [41]

1.1.3.11.1 Correlación lineal

Si X y Y son las variables en consideración, el diagrama de dispersión ayuda mostrar la localización de los puntos En el sistema de coordenadas rectangulares. Si Enel diagrama todos los puntos parecen encontrarse cerca de una línea recta, la correlación se llama lineal. Si los puntos parecen encontrarse en una curva, se llama no lineal. [41]

1.1.3.11.2 Correlación múltiple

Cuando existe relación entre tres o más variables [42].

1.1.3.11.3 Coeficiente de determinación r^2

Se emplea el coeficiente de determinación para valorar la calidad del ajuste. Si este coeficiente toma el valor de 1 el ajuste es perfecto, si toma un valor de 0 no hay relación alguna entre las variables [41].

1.1.4 Hipótesis

Existe correlaciones entre el CBR de laboratorio y el DCP, propiedades índice y mecánicas de los suelos de las parroquias Huambaló y Cotaló del cantón Pelileo. Provincia de Tungurahua.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Determinar la correlación entre el CBR de laboratorio, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de las parroquias Huambaló y Cotaló, cantón Pelileo de la provincia de Tungurahua.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar la extracción de muestras representativas de suelo dentro de las parroquias Huambaló y Cotaló del cantón Pelileo.
- Determinar las propiedades índice y mecánicas de los suelos, mediante ensayos de campo y laboratorio.
- Determinar la correlación entre el CBR y el DCP para los suelos estudiados.
- Determinar la correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas para los suelos estudiados.
- Reforzar el conocimiento de las propiedades índice y mecánicas de los suelos de la provincia de Tungurahua, por medio de análisis de campo y laboratorio.
- Ampliar la base de datos existente, referente a estudios de correlación entre el CBR de laboratorio, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de la provincia de Tungurahua.
- Aplicar los resultados de la investigación en el diseño de pavimentos para vías rurales de los cantones: Cevallos, Tisaleo, Mocha, Quero, Pelileo de la provincia de Tungurahua.
- Zonificar las diferentes áreas de los cantones estudiados, de acuerdo con la clasificación de suelos SUCS y AASHTO y las propiedades físicas y mecánicas obtenidas.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

2.1.1 Nivel de Investigación

2.1.1.1 Exploratorio

La presente investigación es de nivel exploratorio, en cada una de las parroquias se identificaron vías de tres sectores en las cuales se realizará los ensayos de campo y se tomarán muestras para realizar los respectivos ensayos de laboratorio.

2.1.1.2 Descriptivo

Los resultados obtenidos mediante los ensayos de campo y de laboratorio permitirán establecer las condiciones del suelo de las diferentes vías analizadas.

2.1.1.3 Relacional

En la presente investigación se pretende correlacionar las propiedades índice y mecánicas con el DCP y CBR de laboratorio.

2.1.2 Tipo de Investigación

2.1.2.1 Experimental

La investigación es de carácter experimental debido a que en base a las propiedades índice y mecánicas y DCP de los suelos estudiados se pretende encontrar el CBR de laboratorio.

2.1.2.2 De Campo

Se realizaron ensayos in situ como la determinación de la densidad por medio del ensayo del cono y arena y el DCP.

2.1.2.3 De Laboratorio

Se determinó en el laboratorio las propiedades granulométricas, plásticas, contenido de humedad y densidad de las muestras de suelo.

2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

2.2.1 Población

El estudio forma parte del macro proyecto que se está realizando en la provincia de Tungurahua, considerando la división parroquial de sus cantones.

Mediante el desarrollo del proyecto se busca identificar el tipo de suelo existente en la zona y sus respectivas propiedades índice y mecánicas, con la finalidad de establecer correlaciones entre ellas y servir como referencia para el diseño preliminar de la estructura de pavimento.

2.2.2 Muestra

El área de estudio se centra al sur occidente de la provincia de Tungurahua, en las parroquias rurales de Huambaló y Cotaló del cantón Pelileo.

Para llevar a cabo el desarrollo de la presente investigación se eligieron tres sectores en cada una de las parroquias (Huambaló y Cotaló), de cada sector se eligió una vía en la cual se realizó dos pozos a cielo abierto, con la finalidad de obtener muestras representativas del suelo de la zona. Extrayéndose un total de 12 muestras de suelo.

Tabla 12. Ubicación de las calicatas

Calicata Nº	Parroquia	Sector	Muestra Nº	Coordenadas	
				Este	Sur
1	Huambaló	Surangay	1	775556	9844861
2			2	775705	9844294
3		San Francisco de Asís	1	776163	9845992
4			2	776762	9845606
5		La Florida	1	776109	9848469
6			2	775673	9848597
7	Cotaló	Perezpamba	1	778080	9843652
8			2	778482	9873335
9		San Andrés de Pillate	1	776266	9839213
10			2	776206	9839304
11		Chanchaloma	1	776362	9842845
12			2	776457	9843214

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

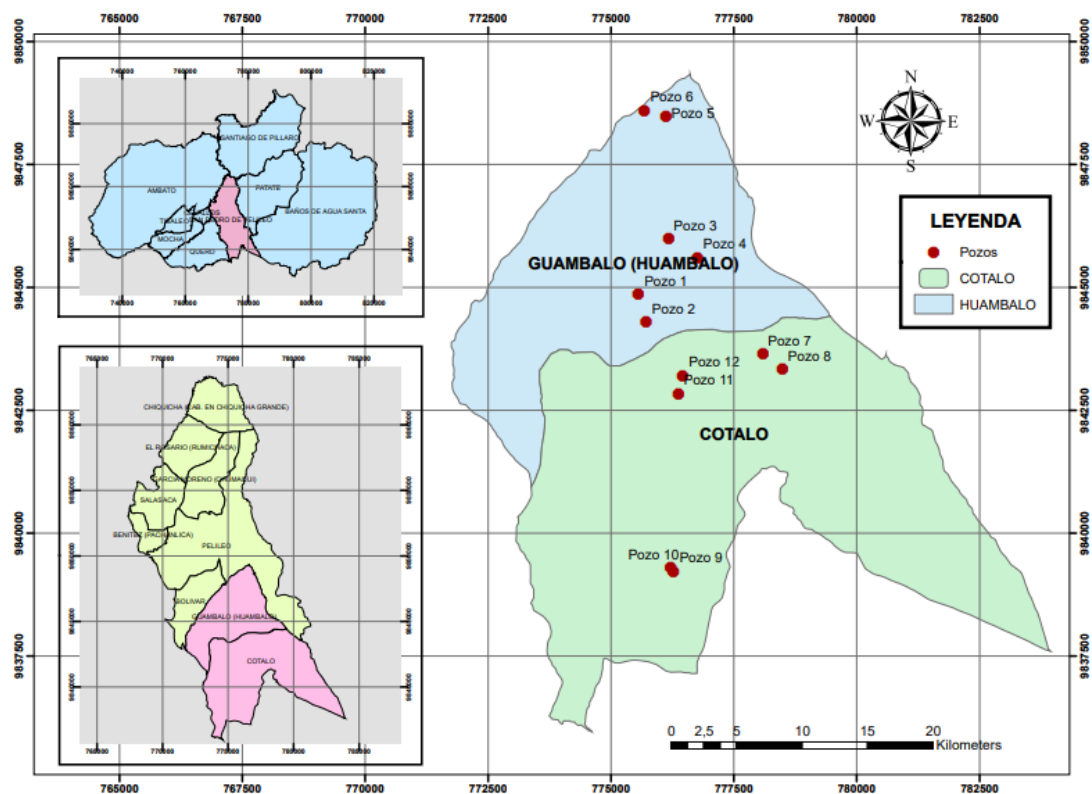


Figura 17. Ubicación de los pozos del proyecto

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

2.3 MATERIALES Y EQUIPOS

Tabla 13. Equipos y materiales

ENSAYOS	MATERIALES	EQUIPOS	NORMA
Pozo a cielo abierto	Muestras in situ	Pala Pico Azadón Barra Flexómetro	AASHTO T 87-70
Densidad de Campo (Método del Cono y Arena de Ottawa)	Muestras in situ	Cono Placa metálica Cinzel Cuchareta Balanza Clavos Martillo	AASHTO T 191 2014

ENSAYOS	MATERIALES	EQUIPOS	NORMA
Dynamic Cone Penetrometer (DCP)	Muestras in situ	Equipo DCP Libreta de anotación	ASTM D 6951-03
Gravedad específica de sólidos	50 g de suelo que pasa el tamiz # 4	Tamiz # 4 Picnómetro Embudo Termómetro Recipiente metálico Pipeta Baño María	AASHTO T 100 2015
Granulometría	Muestra cuarteada	Tamizadora Juego de tamices Brocha Recipiente	AASHTO T 88 2013
Límite Líquido (Copa de Casagrande)	150 g de suelo que pasa el tamiz # 40	Capa de Casagrande Acanalador Espátula Recipientes metálicos Mortero de porcelana Pistillo de caucho	AASHTO T 89 2013
Límite Plástico	150 g de suelo que pasa el tamiz # 40	Placa de vidrio Fuente de mezclado Calibrador pie de rey Mortero de porcelana Pistillo de caucho	AASHTO T 90 2016
Próctor Modificado tipo B	24 kg de suelo que pasa el tamiz # 4	Bandeja metálica cuadrada Martillo de compactación Molde de diámetro 6" con extensión y base Probeta graduada Palustre Enrasador Calibrador pie de rey Recipientes metálicos	AASHTO T 180 2018
California Bearing Ratio (CBR)	18 kg de suelo que pasa el tamiz #4	MULTISPEED 34-V1172	AASHTO T 193 2013

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

2.4 MÉTODOS

2.4.1 Plan de Recolección de Datos

Tabla 14. Plan de recolección de datos

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Para qué?	Correlacionar las propiedades índice y mecánicas de diferentes suelos con su respectivo valor de CBR obtenido en laboratorio.
¿A quiénes?	A las muestras de suelo tomadas en las parroquias Huambaló y Cotaló.
¿Sobre qué aspectos?	Las propiedades de los suelos obtenidos mediante los diferentes ensayos de campo y laboratorio, así como el valor del CBR obtenido del ensayo de Relación de Soporte de California.
¿Quién?	Tesista
¿Cuándo?	Ensayos de campo del 17-Oct-2020 al 12-Feb-2021
	Ensayos de laboratorio del 05-Nov-2020 al 20-Abr-2021
	Procesamiento de datos y resultados desde febrero a junio
¿Dónde?	Parroquias Huambaló y Cotaló del cantón Pelileo para tomar las muestras de suelo y realizar los ensayos de campo.
	Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, para realizar los ensayos de laboratorio.
¿Técnicas de Recolección?	Para los ensayos in situ se debe retirar la capa vegetal y se procede a realizar el ensayo DCP bajo la norma ASTM D 6951-03 y la Densidad de Campo por el método de Cono y Arena bajo la norma AASHTO T 191.
	Se extrae la muestra de suelo 50 kg aproximadamente, para los ensayos de laboratorio. La muestra de suelo debe pasar por el tamiz #4 y ser colocada en una bandeja para su secado.
	Para el ensayo de granulometría se toma una muestra representativa de suelo, la misma que debe estar totalmente seca y se la coloca en la tamizadora con el juego de tamices de manera descendente como establece la norma AASHTO T 88 2013.
	Los Límites de Atterberg son realizados bajo las normas AASHTO T 89 2013 y AASHTO T 90 2016 para este ensayo se emplea una muestra de suelo que pase el tamiz #40. El ensayo de Gravedad Específica se realiza aplicando la norma AASHTO T 100 2015 para esto se requiere una muestra de suelo que pase el tamiz #4.
	El ensayo de Próctor modificado se aplicará bajo la norma AASHTO T 180 2018, mediante este se determinará en contenido de humedad óptimo, este contenido de humedad se empleará para realizar el ensayo de Relación de Soporte de California (CBR), norma AASHTO T 193 2013.

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

2.4.2 Ensayos de Campo y Laboratorio

2.4.2.1 Pozo a cielo abierto



Figura 18. Excavación pozo a cielo abierto

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

2.4.2.1 Densidad de Campo



Figura 19. Densidad de campo

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

2.4.2.2 Cono Dinámico de Penetración (DCP)



Figura 20. Ensayo DCP

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

2.4.2.3 Gravedad Específica de los sólidos



Figura 21. Medición de la temperatura

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

2.4.2.4 Granulometría



Figura 22. Ensayo granulométrico

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

2.4.2.5 Límite Líquido (Copa Casagrande)



Figura 23. Ensayo copa de Casagrande

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

2.4.2.6 Límite Plástico



Figura 24. Rollos de la muestra de suelo

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

2.4.2.7 Proctor Modificado



Figura 25. Compactación del suelo

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

2.4.2.8 Ensayo CBR



Figura 26. Ensayo CBR

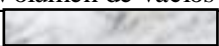


Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

2.4.3 Plan de Procesamiento y Análisis de Información

Plan de Procesamiento

- Recolección de 12 muestras de suelo de las parroquias Huambaló y Cotaló del cantón Pelileo para su posterior análisis. Para la obtención de cada muestra se retirará la capa vegetal y se tomará un muestra alterada de 30 kg aproximadamente en cada punto.
- En campo se realizará el ensayo de la densidad de campo (Cono y arena), aplicando la norma AASHTO T 191 2014, con la muestra de suelo obtenida mediante este ensayo, se ejecutará el ensayo de contenido de humedad natural aplicando la norma AASHTO T 265 2015 y los datos obtenidos serán registrados en la tabla N° 15.

Tabla 15. Ensayo densidad de campo (Cono y arena)

1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa			
Peso de la masa de suelo + funda (g)			
Peso de la funda (g)			
Peso de la masa de suelo (g)			
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa			
Peso inicial frasco + cono + arena (g)			
Peso final frasco + cono + arena (g)			
Peso arena en el cono (Calibración del cono)			
Peso arena en la perforación			
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración arena)			
Volumen de la perforación			
3. Determinación del Contenido de Humedad			
Recipiente número			
Peso húmedo + recipiente (g)			
Peso seco + recipiente (g)			
Peso recipiente (g)			
Peso del agua (g)			
Peso de los sólidos (g)			
Contenido de humedad (%)			
Contenido de humedad promedio (%)			
4. Determinación de las Fases del Suelo			
		cm³	g
Volumen de vacíos	$V_v =$		
	$V_a =$		
	$V_w =$		
	$V_s =$		
	$V_m =$		
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo			
Peso volumétrico del suelo (g/cm ³)	γ_m		
Densidad seca (g/cm ³)	γ_d		
Contenido de humedad (%)	w %		
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$		
Porosidad (%)	$n\% = (V_v/V_m) * 100$		
Grado de saturación de agua (%)	$G_w\% = (V_w/V_v) * 100$		
Grado de saturación de aire (%)	$G_a\%$		

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

- Las muestras de suelos serán transportadas al laboratorio, ahí serán colocadas en bandejas para ser secadas.
- Se ejecutará los ensayos para determinar la gravedad específica de las muestras de suelo, norma AASHTO T 100 2015, los datos obtenidos serán registrados en la tabla N° 16.

Tabla 16. Ensayo gravedad específica

Muestra número	
Picnómetro número (Pg)	
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	
Temperatura del agua y suelo en °C	
Factor de Corrección por temperatura K	
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	
Recipiente + peso suelo seco	
Peso del recipiente	
Peso del suelo seco Ws	
Gravedad específica	
$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

- Mediante la norma AASHTO T 88 2013, se realizará el ensayo granulométrico para una muestra representativa de suelo. El peso retenido en cada uno de los tamices será registrado en la tabla N° 17. Con los datos obtenidos se graficará la representación granulométrica y se obtendrá los valores de diámetro efectivo, equiparable y dimensional.

Tabla 17. Ensayo análisis granulométrico

Peso Seco (g)					
Tamiz #	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Acumulado(g)	% Ret. Acumulado	% Que Pasa
3"	76,2				
2"	50,8				
1"	25,4				
3/4 "	19,1				
3/8 "	9,52				
#4	4,76				
# 8	2,38				
# 10	2				
# 16	1,19				
# 30	0,595				
# 40	0,42				
# 50	0,297				
# 60	0,25				
# 100	0,149				
# 200	0,074				
FUENTE	0,03				

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

- Para los límites de Atterberg, se aplicará la norma AASHTO T 89 2013 para el límite líquido por medio de la copa de Casagrande y la norma AASHTO T 90 2016 para el límites plástico. Los resultados obtenidos en estos ensayos serán registrados en las siguientes tablas.

Tabla 18. Ensayo límite líquido

Límite Líquido (Copa Casagrande)								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm+ Rec	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%

Número de Golpes	
Límite Líquido LL%	

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 19. Ensayo límite plástico

Límite Plástico (LP)								
Recipiente N°	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%	

Límite líquido LL%	
Límite plástico LP%	
Índice de plasticidad Ip%	

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

- Se aplicará la norma AASHTO T 180 2018, para realizar en ensayo Proctor modificado, por medio del cual se obtendrá la densidad máxima y la humedad óptima de las muestras de suelo. Los datos obtenidos se registrarán en la siguiente tabla.

Tabla 20. Ensayo Proctor modificado

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO							
Nº de Golpes:	56	Altura de Caída:	18	pulg	Peso Martillo:	10	lb
Nº de Capas:	5	Peso del Molde:	16692.2	lb	Volumen Molde:	2316,56	cm ³
Energía de Compactación:		671832		lb*pie/pie ³			
Ensayo número		1	2	3	4		
Peso inicial deseado (g)							
Humedad inicial añadida (%)							
Peso molde + suelo húmedo (g)							
Peso suelo húmedo (g)							
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)							
Peso unitario seco γ_d (g/cm ³)							
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente número							
Recipiente + suelo húmedo (g)							
Recipiente + suelo seco (g)							
Peso recipiente (g)							
Peso agua (g)							
Peso suelo seco (g)							
Contenido de humedad w%							
Contenido promedio w%							
Grado compactación Gc%							

Densidad Seca Máxima	g/cm ³
Humedad Óptima	%

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

- Aplicando la norma AASHTO T 193 2013, se determinará el valor de CBR para cada muestra. En la siguiente tabla se registrarán los resultados obtenidos. Con estos resultados se graficará el diagrama de esfuerzo vs penetración y el diagrama de CBR% vs densidad seca máxima.

Tabla 21. Ensayo CBR

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
Tipo:	Proctor Modificado		Peso del martillo:		10 lb	
Norma:	AASHTO T-180		Altura de caída:		18"	
Peso muestra:	6000		Contenido de humedad óptimo (%)		12,20	
ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.						
MOLDE N°	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Peso molde + Suelo húmedo (g)						
Peso molde (g)						
Peso suelo húmedo (g)						
Volumen de la muestra (cm ³)						
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)						
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°						
Recipiente + suelo húmedo (g)						
Recipiente + suelo seco (g)						
Peso recipiente (g)						
Peso agua (g)						
Peso suelo seco (g)						
Contenido de Humedad (%)						
Cont. Humedad Prom (%)						
Peso Unitario Seco γ_d (g/cm ³)						
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Peso molde + Suelo húmedo (g)						
Peso molde (g)						
Peso suelo húmedo (g)						
Masa agua absorbida (g)						
Agua absorbida (%)						
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°						
Recipiente + suelo húmedo (g)						
Recipiente + suelo seco (g)						
Peso recipiente (g)						
Peso agua (g)						
Peso suelo seco (g)						
Contenido de Humedad (%)						
Cont. Humedad Prom (%)						
ENSAYO C.B.R.						
Molde N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0,000						
0,025						
0,050						
0,075						
0,100						
0,200						
0,300						
0,400						
0,500						
PORCENTAJES DE C.B.R. (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	% C.B.R. 0.1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	% C.B.R. 0.2 plg	Densidad seca
1						
2						
3						

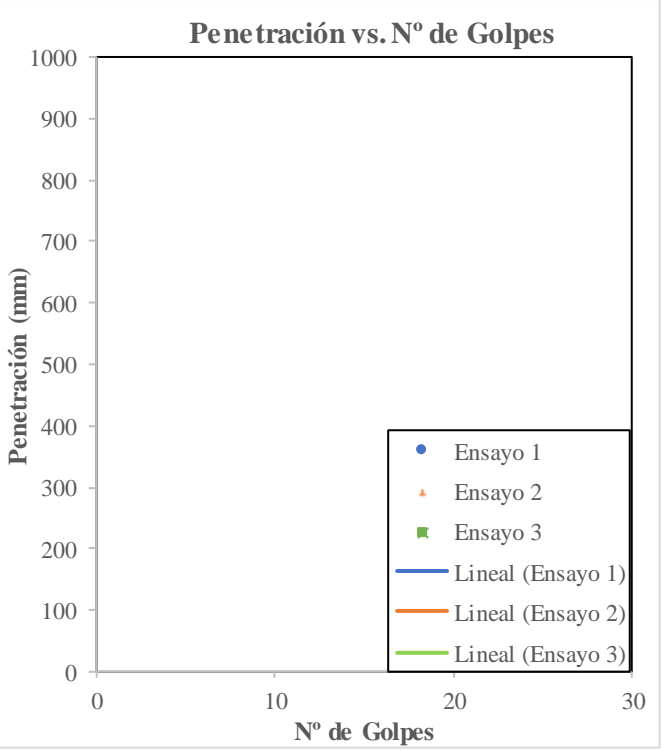
Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

- A través de la norma ASTM D 6951 se realizará el ensayo de cono dinámico de penetración (DCP), con los datos registrados en la tabla N° 22, se graficará el diagrama de N° de golpes vs penetración, con los cual se obtendrá un índice de penetración promedio.

Tabla 22. Ensayo DCP

ENSAYO DCP

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3



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

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

- Se elaborarán tablas y diagramas para así obtener correlaciones aceptables entre las propiedades índice y mecánicas, CBR y DCP.

Plan de Análisis de Información

- Realizar las correlaciones entre las propiedades índice y mecánicas de las muestras de suelo para obtener el valor de coeficiente de determinación (R^2), el cual debe ser mayor al 50%.
- En base a los resultados obtenidos de CBR, realizar el diseño de una pavimento flexible.
- Establecer las conclusiones y recomendaciones en base a los resultados obtenidos con las correlaciones de las propiedades de los suelos estudiados.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Se presentan los resultados obtenidos mediante los ensayos de campo y laboratorio de las 12 muestras de suelo de las parroquias Huambaló y Cotaló del cantón Pelileo.

3.1.1 Propiedades índice de los suelos estudiados

3.1.1.1 Límites de Atterberg

Los valores obtenidos de límite líquido indican que son suelos de baja plasticidad debido a que sus valores son inferiores al 50%. Por medio del índice de plasticidad se puede deducir que los suelos en estudio son limos, puesto que su valor es inferior a 6.

Tabla 23. Límites de Atterberg

Ubicación	N° Muestra	Límites de Atterberg			
		Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico	
HUAMBALÓ	Surangay	1	27,2	23,11	4,09
		2	21,1	19,33	1,77
	San Francisco de Asís	1	23,75	22,79	0,96
		2	24,9	22,21	2,69
	La Florida	1	22,38	21,50	0,88
		2	26,85	25,55	1,30
COTALÓ	Perezpamba	1	25,92	24,84	1,08
		2	23,42	22,02	1,40
	San Andrés de Pillate	1	17,79	16,50	1,29
		2	25,71	23,29	2,42
	Chanchaloma	1	26,79	25,71	1,08
		2	23,25	22,05	1,20

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

3.1.1.2 Densidad de campo

El contenido de humedad está indicando que en su mayoría se trata de suelos friccionantes, ya que el w% típico para los suelos ecuatorianos se encuentra entre el 10% y 30%.

Los valores de la relación de vacíos al ser bajos, está indicando que el suelo es compacto, mientras que por medio de la porosidad se puede deducir que los suelos estudiados en su mayoría son arenas debido a que sus valores se encuentra entre 35% y 45%.

Tabla 24. Densidad de campo

Ubicación		Nº Muestra	Densidad de Campo (g/cm ³)	Humedad Natural (%)	Relación de Vacíos	Porosidad (%)	Grado de Saturación de Agua (%)	Grado de Saturación de Aire (%)
HUAMBALÓ	Surangay	1	1.74	15.04	0.53	34.79	77.34	22.66
		2	1.58	22.77	0.68	40.31	88.50	11.50
	San Francisco de Asís	1	2.11	9.51	0.25	20.31	96.07	3.93
		2	1.60	21.70	0.65	39.46	85.62	14.38
	La Florida	1	1.42	12.59	0.86	46.15	38.25	61.75
		2	1.53	15.48	0.71	41.45	52.52	47.48
COTALÓ	Perezpamba	1	1.61	17.05	0.65	39.51	70.05	29.95
		2	1.45	20.42	0.83	45.34	65.22	34.78
	San Andrés de Pillate	1	2.08	9.36	0.29	22.25	96.24	3.76
		2	1.45	20.30	0.84	45.60	66.70	33.30
	Chanchaloma	1	1.59	23.26	0.67	40.15	93.45	6.55
		2	1.38	34.48	0.91	47.68	99.49	0.51

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

3.1.1.3 Gravedad Específica

En base a la gravedad específica obtenida, se puede deducir que los suelos en su mayoría son suelos friccionantes (arenas), debido a que sus valores son menores o iguales a 2.650.

Tabla 25. Gravedad Específica

Ubicación		Nº Muestra	Gravedad Específica
HUAMBALÓ	Surangay	1	2.64
		2	2.86
	San Francisco de Asís	1	2.58
		2	2.42
	La Florida	1	2.37
		2	2.33
COTALÓ	Perezpamba	1	2.60
		2	2.71
	San Andrés de Pillate	1	2.26
		2	2.72
	Chanchaloma	1	2.56
		2	2.48

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

3.1.1.4 Granulometría

Por medio de los porcentajes obtenidos de grava, arena y limo, nos indica que las muestras de suelo estudiadas están bien proporcionadas. En base al coeficiente de uniformidad (Cu) y coeficiente de curvatura (Cc), se puede deducir que en su mayoría se trata de suelos mal graduados con una mala distribución.

Tabla 26. Granulometría

Ubicación		Granulometría				
		Grava G%	Arena S%	Fino M%	Coeficiente de Uniformidad	Coeficiente de Curvatura
HUAMBALÓ	Surangay	12,58	69,63	17,79	9,40	0,83
		11,92	73,54	14,54	8,93	1,16
	San Francisco de Asís	4,88	83,79	11,33	6,81	0,89
		2,41	77,24	20,35	4,26	1,53
	La Florida	3,80	77,00	19,20	9,00	0,64
		3,80	68,36	27,84	5,24	0,69
COTALÓ	Perezpamba	13,1	67,87	19,03	9,38	1,04
		12,84	64,98	22,18	8,57	1,15
	San Andrés de Pillate	10,49	62,28	27,23	14,55	0,45
		3,33	68,53	28,14	5,24	0,66
	Chanchaloma	14,82	75,91	9,27	17,28	1,08
		4,46	82,65	12,89	8,71	0,86

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

3.1.1.5 Clasificación AASHTO del suelo

La categorización de las muestras de suelo se realizó en base a los resultados obtenido de límites de Atterberg y granulometría. Por medio de la clasificación AASHTO se obtuvo que los suelos estudiados con arenos-limosos de baja plasticidad.

Tabla 27. Clasificación suelos AASHTO

Ubicación		Nº Muestra	Clasificación
			AASHTO
HUAMBALÓ	Surangay	1	A-2-4
		2	A-2-4
	San Francisco de Asís	1	A-2-4
		2	A-2-4
	La Florida	1	A-2-4
		2	A-2-4
COTALÓ	Perezpamba	1	A-2-4
		2	A-2-4
	San Andrés de Pillate	1	A-2-4
		2	A-2-4
	Chanchaloma	1	A-2-4
		2	A-2-4

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

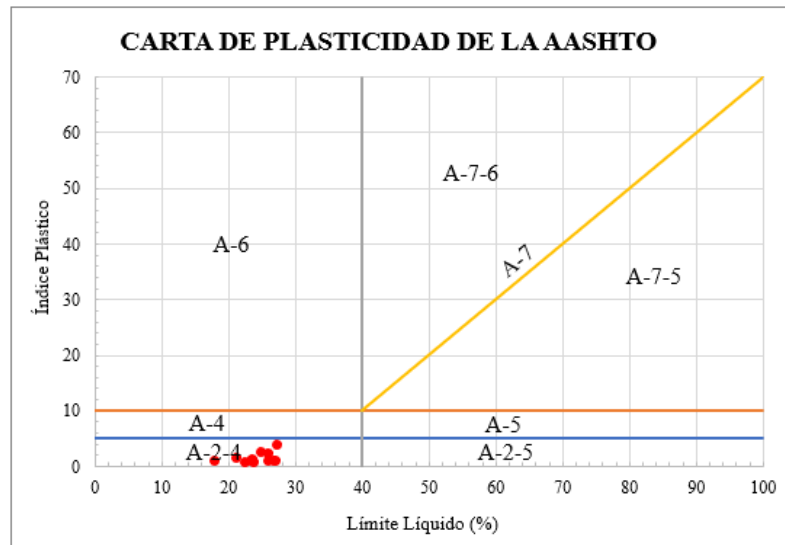


Figura 27. Carta de plasticidad AASHTO

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

3.1.1.6 Clasificación SUCS del suelo

Mediante la carta de plasticidad SUCS se obtuvo que la mayoría de suelos estudiados son areno-limosos, excepto en los sectores de Surangay 2 y San Andrés de Pillate donde se tiene un suelo areno-arcilloso.

Tabla 28. Clasificación de suelos SUCS

Ubicación		N° Muestra	Clasificación
			SUCS
HUAMBALÓ	Surangay	1	SM
		2	SC
	San Francisco de Asís	1	SP-SM
		2	SM
	La Florida	1	SM
		2	SM
COTALÓ	Perezpamba	1	SM
		2	SM
	San Andrés de Pillate	1	SC
		2	SM
	Chanchaloma	1	SW-SM
		2	SM

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

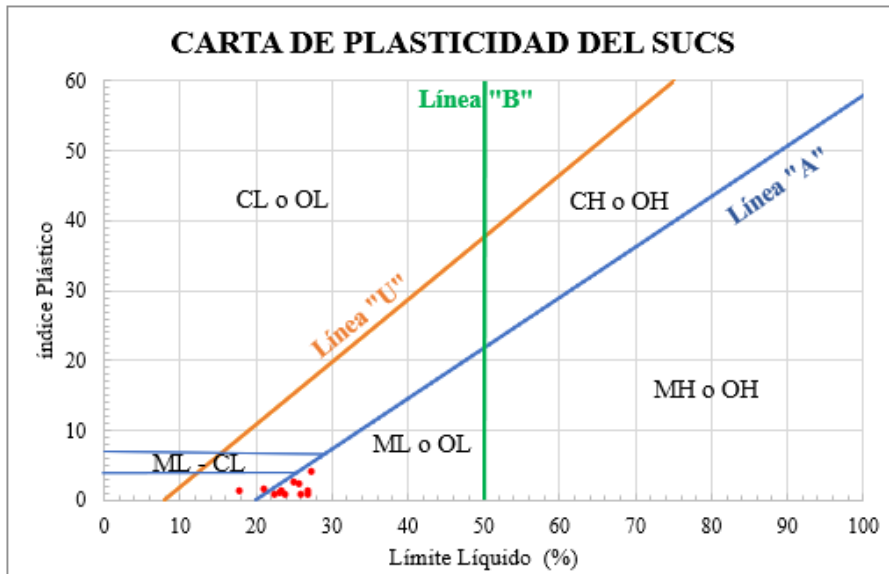


Figura 28. Carta de plasticidad SUCS

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

3.1.2 Propiedades mecánicas de los suelos estudiados

3.1.2.1 Compactación

Para cada tipo de suelo existe un contenido de humedad óptimo, para alcanzar la máxima densidad mediante la fuerza de compactación.

Tabla 29. Compactación

Ubicación		N° Muestra	COMPACTACIÓN		
			Densidad Máxima (g/cm ³)	Contenido de Humedad Óptimo (%)	Grado de Compactación (%)
HUAMBALÓ	Surangay	1	1.675	10.50	95.82
		2	1.691	13.25	94.00
	San Francisco de Asís	1	1.846	11.50	94.68
		2	1.682	10.80	94.58
	La Florida	1	1.731	14.00	95.44
		2	1.594	16.50	95.89
COTALÓ	Perezpamba	1	1.755	10.75	95.62
		2	1.778	14.70	95.32
	San Andrés de Pillate	1	1.752	13.25	96.03
		2	1.776	13.40	96.71
	Chanchaloma	1	1.546	14.00	96.74
		2	1.544	13.00	96.95

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

3.1.2.2 Resultados CBR

Los valores de CBR obtenido señalan que la mayoría de los suelos estudiados, son suelos de mediana calidad, puesto que los valores de CBR cercanos a 0% son suelo de pobre o nula calidad, mientras que los valores cercanos a 100% son suelos de mejor calidad.

Tabla 30. Resultados CBR

Ubicación		N° Muestra	CBR %		
			95% $\delta_{m\acute{a}x}$		Mayor
			0.1" %	0.2" %	
HUAMBALÓ	Surangay	1	20.41	41.55	41.55
		2	31.80	68.60	68.60
	San Francisco de Asís	1	28.72	52.83	52.83
		2	19.98	32.95	32.95
	La Florida	1	4.06	4.15	4.15
		2	7.73	14.68	14.68
COTALÓ	Perezpamba	1	7.42	20.65	20.65
		2	17.57	34.95	34.95
	San Andrés de Pillate	1	24.78	42.89	42.89
		2	26.73	55.54	55.54
	Chanchaloma	1	39.23	61.61	61.61
		2	57.79	89.40	89.40

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

3.1.2.3 Resultados DCP

El DCP permite medir la resistencia a la penetración in-situ, a través de los resultados se puede deducir que existen diferentes tipos de densidades y compactaciones en los suelos, por lo que esto incide directamente en los resultados.

Tabla 31. Resultados DCP

Ubicación		N° Muestra	DCP
			DN (mm/golpe)
HUAMBALÓ	Surangay	1	12.89
		2	13.92
	San Francisco de Asís	1	51.30
		2	48.18
	La Florida	1	78.21
		2	3.72
COTALÓ	Perezpamba	1	12.27
		2	19.13
	San Andrés de Pillate	1	7.39
		2	76.14
	Chanchaloma	1	14.08
		2	10.89

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

3.2 CORRELACIONES

A continuación, se presenta la nomenclatura que se empleará para el desarrollo de las diferentes correlaciones.

Tabla 32. Nomenclatura

Nomenclatura	Descripción	Unidad
LL	Límite Líquido	%
LP	Límite Plástico	%
Ip	Índice Plástico	-
Wnat	Humedad Natural	%
e	Relación de Vacíos	-
n	Porosidad	%
Gw	Grado de saturación de agua	%
Ga	Grado de saturación de aire	%
Gs	Gravedad específica	%
Cu	Coefficiente de Uniformidad	-
Cc	Coefficiente de Curvatura	-
γ_d in-situ	Densidad seca in-situ	g/cm^3
γ_d máx	Densidad seca máxima	g/cm^3
Wópt	Contenido de Humedad Óptimo	%
Gc	Grado de compactación	%
CBR 0.1"	CBR para 0.1 pulg. de penetración	%
CBR 0.2"	CBR para 0.2 pulg. de penetración	%
CBR mayor	CBR mayor entre 0.1" y 0.2"	%
DN	Índice de Penetración	mm/golpe

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

3.2.1 Correlación entre propiedades índice y mecánicas

En la tabla N° 25 se muestra las 13 correlaciones desarrolladas, con su respectivo coeficiente de determinación, el mismo que varía entre el 53% y 100%, por lo que se consideran a estas correlaciones aceptables.

Tabla 33. Correlación entre propiedades índice y mecánicas

Nº	Ecuación	Coefficiente determinación r ² (%)	Nº Muestras
1	$LP = - 0.0024 LL^2 + 1.1017 LL - 2.393$	97	10
2	$Gw = - 0.1176 Wnat^2 + 8.0125 Wnat - 36.51$	73	10
3	$Ga = 1218.1 e^{-0.213*Wnat}$	87	10
4	$Wópt = 0.1639 - 0.7125 LL + 1.3104 LP$	91	10
5	$Wópt = 1.0068 LL^{1.028} * \gamma d \text{ in-situ}^{-1.7399}$	99	10
6	$Wópt = 0.7597 LL^2 - 37.251 LL - 467.63$	68	11
7	$Wópt = 83.853 Gs^2 - 427.74 Gs + 556.98$	50	10
8	$Wnat = 141.24 e^{-1.277 * \gamma d \text{ in-situ}}$	80	10
9	$\gamma d_{máx} = 0.0068 + 0.9314 \log (LL) + 0.2413 \gamma d \text{ in-situ}$	98	10
10	$\gamma d_{máx} = 0.035 + 1.3512 \log (LL) + 0.0112 Wnat$	95	11
11	$\gamma d_{máx} = 0.0079 + 2.0478 \log (LL) + 0.0501 LP$	97	11
12	$\gamma d_{máx} = 0.0103 + 1.2905 \log (LP) + 0.0044 Wnat$	98	10
13	$\gamma d \text{ in-situ} = 0.7134 e^2 - 1.942 e + 2.5657$	100	12

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

3.2.2 Correlación entre el índice de penetración (DN) y propiedades índice

En la presente tabla se muestra las 5 correlaciones desarrolladas, con su respectivo coeficiente de determinación y la cantidad de muestras consideradas para el análisis de datos.

Tabla 34. Correlación entre DN y propiedades índice

Nº	Ecuación	Coefficiente correlación r ² (%)	Nº Muestras
14	$DN = 0.0305 Gw^2 - 4.9924 Gw + 221.37$	52	10
15	$DN = 1.0014 IP^{0.963} * Gw^{0.5125}$	74	10
16	$\gamma d \text{ in-situ} = 0.0115 - 0.0019 DN + 0.9576 \gamma d_{máx}$	98	10
17	$DN = 1131.4 LP^2 - 3725.3 LP + 3068.7$	87	10
18	$DN = 1.1297 e^{0.0246 * LL} * e^{0.1089 * LP}$	70	10

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

3.2.3 Correlación entre CBR y propiedades índice

En la presente tabla se muestra las 7 correlaciones desarrolladas, con su coeficiente de determinación y la cantidad de muestras consideradas para el análisis de datos

Tabla 35. Correlación ente CBR y propiedades índice

Nº	Ecuación	Coefficiente correlación r^2 (%)	Nº Muestras
19	$CBR = 1.0416 LL^{0.1269} * LP^{1.0955}$	92	10
20	$CBR = 0.1325 LP^2 - 3.332 LP + 53.686$	53	12
21	$CBR = 685.12 DN^{-0.916}$	56	10
22	$CBR = - 4.5326 W_{ópt}^2 + 118.96 W_{ópt} - 719.13$	60	11
23	$CBR = 0.9219 e^{0.0725 W_{nat}} * e^{1.4842 \gamma_{d \text{ in-situ}}}$	92	11
24	$CBR = 0.644 e^{1.6992 * G_s} * e^{-0.4027 * \gamma_{dmáx}}$	85	11
25	$CBR = 1.026 e^{0.0058 * W_{ópt}} * e^{2.0781 * \gamma_{dmáx}}$	85	11

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

3.2.4 DESARROLLO DE CORRELACIONES

CORRELACIÓN Nº 1

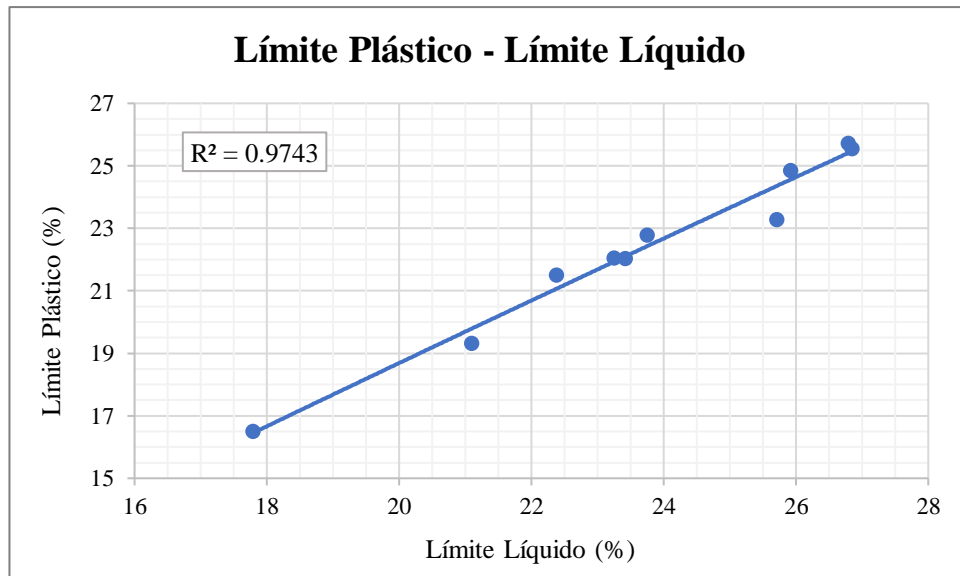


Figura 29. Correlación LP vs LL

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $LP = - 0.0024 LL^2 + 1.1017 LL - 2.393$

Coefficiente r^2 : 97 %

Nº muestras analizadas: 10

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación positiva entre límite plástico y límite líquido, mediante una tendencia polinómica de 2^{do} grado con la cual se obtuvo un coeficiente de determinación $r^2 = 97\%$.

Como se puede apreciar en el diagrama los valores son directamente proporcionales, es decir al aumentar el valor del límite líquido, el límite plástico se incrementa.

CORRELACIÓN Nº 2

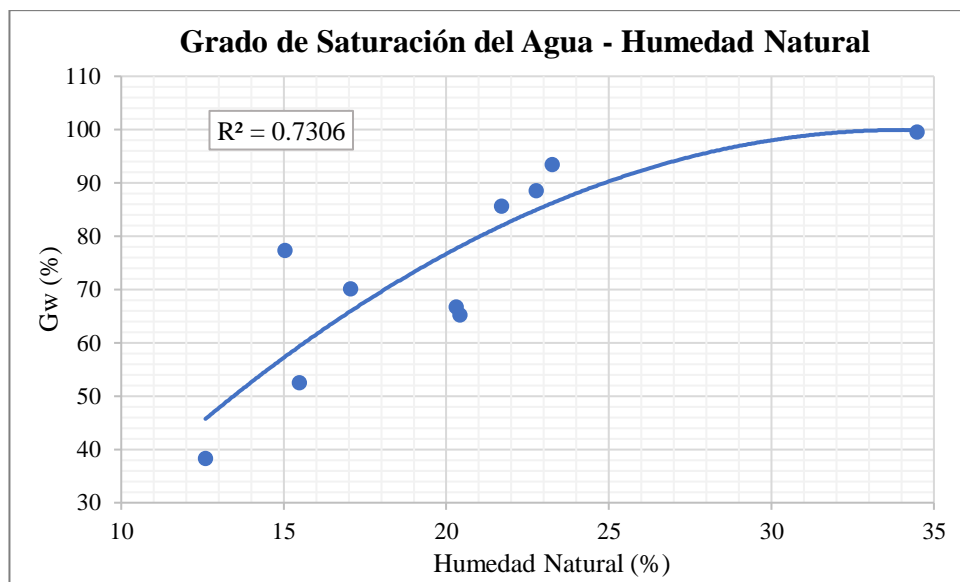


Figura 30. Correlación Gw vs. Wnat

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $Gw = - 0.1176 Wnat^2 + 8.0125 Wnat - 36.51$

Coefficiente r^2 : 73 %

Nº muestras analizadas: 10

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación positiva entre el grado de saturación de agua y la humedad natural, mediante una tendencia polinómica de 2^{do} grado, con el cual se obtiene un coeficiente de determinación r^2 de 73%.

Del diagrama se puede determinar que los valores son directamente proporcionales, es decir a mayor humedad natural, mayor será el valor del grado de saturación de agua de la muestra de suelo.

CORRELACIÓN N° 3

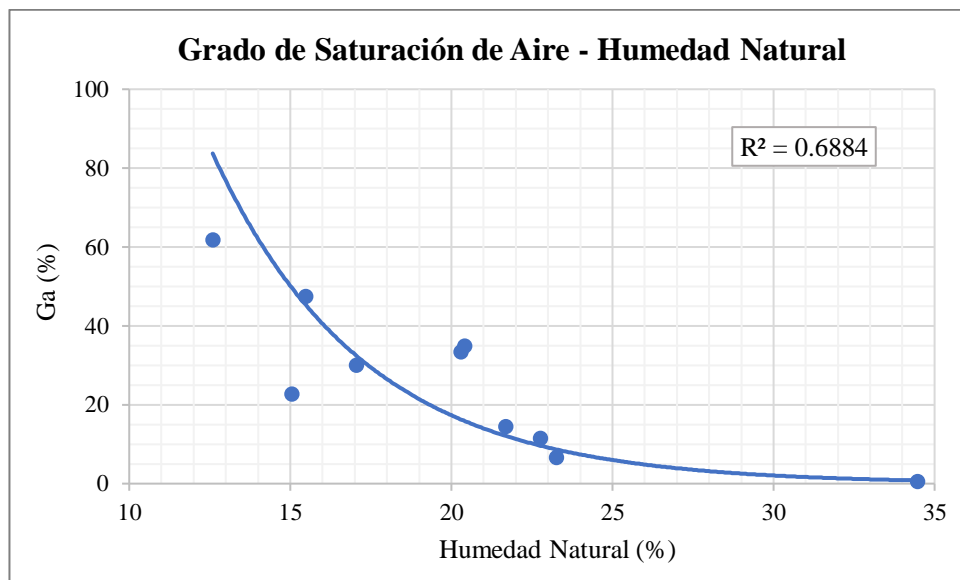


Figura 31. Correlación Ga vs. Wnat

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $Ga = 1218.1 e^{-0.213 * Wnat}$

Coefficiente r^2 : 87 %

N° muestras analizadas: 10

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación negativa entre el grado de saturación de aire y la humedad natural, con una tendencia exponencial, con la cual se obtiene un coeficiente de determinación r^2 de 87%.

En el diagrama se observa que los valores son inversamente proporcionales, en otras palabras, a mayor humedad natural menor grado de saturación de aire de la muestra de suelo.

CORRELACIÓN N° 4

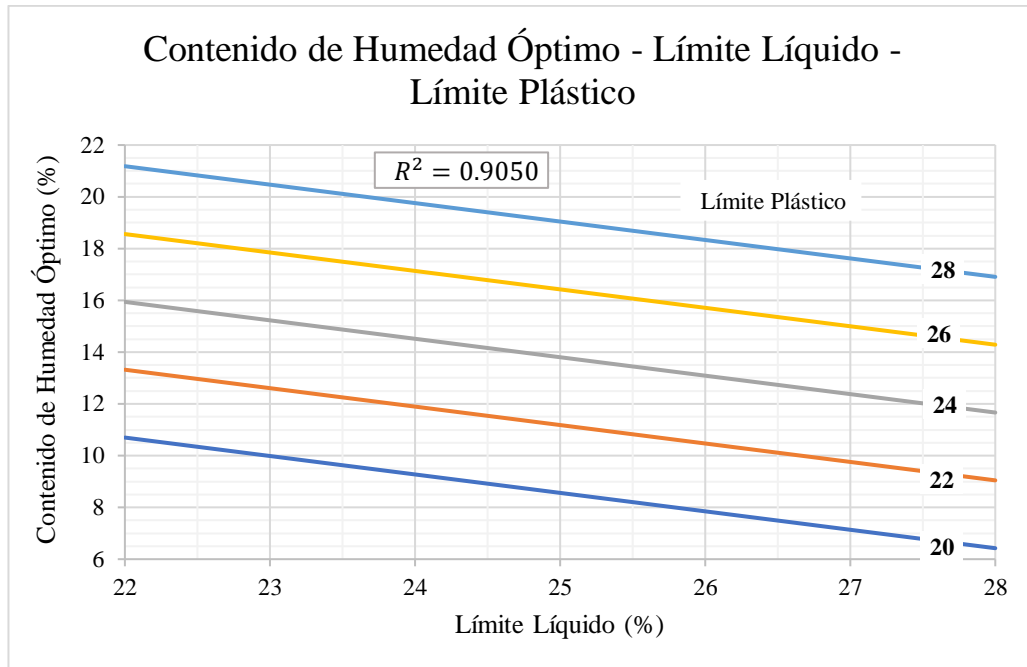


Figura 32. Correlación $W_{\text{ópt}}$ vs. LL – LP

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $W_{\text{ópt}} = 0.1639 - 0.7125 \text{ LL} + 1.3104 \text{ LP}$

Coefficiente r^2 : 91%

N° muestras analizadas: 10

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación negativa múltiple entre el contenido de humedad óptimo con respecto al límite líquido y límite plástico, con una tendencia lineal, con la cual se obtuvo un coeficiente de determinación r^2 de 91%.

Del diagrama se puede determinar que el valor del contenido de humedad óptimo es inversamente proporcional al límite líquido y límite plástico, es decir a mayor valor de

límite líquido y límite plástico, menor será el contenido de humedad óptimo de la muestra de suelo y viceversa.

CORRELACIÓN N° 5

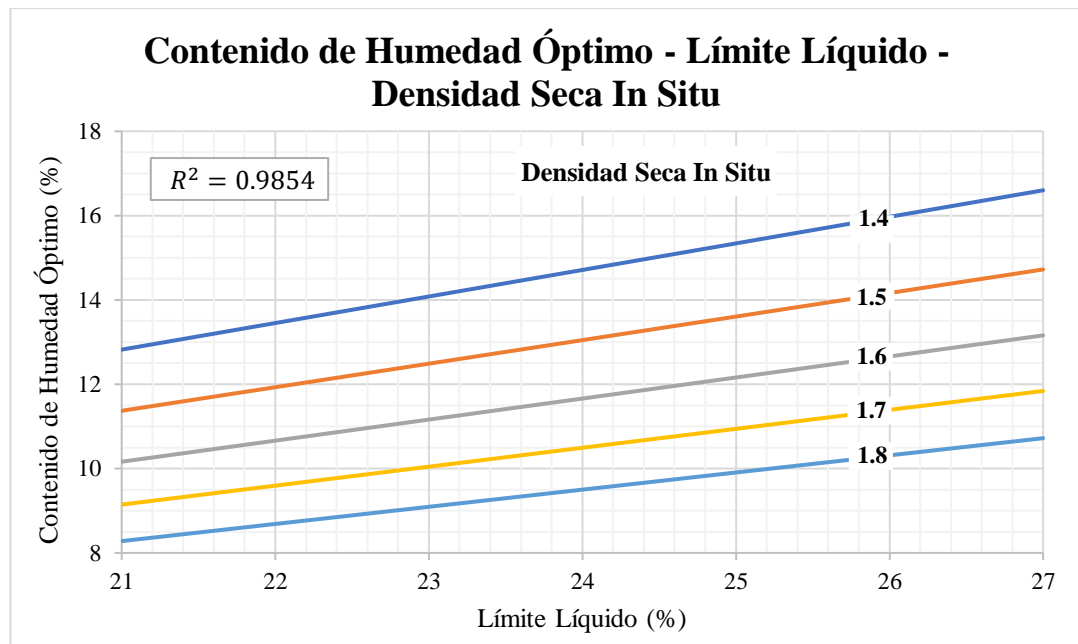


Figura 33. Correlación $W_{\text{ópt}}$ vs. LL - Densidad In-Situ

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $W_{\text{ópt}} = 1.0068 LL^{1.028} * \gamma_d \text{ in-situ}^{-1.7399}$

Coefficiente r^2 : 99 %

N° muestras analizadas: 10

Discusión: En el presente diagrama se tiene una correlación positiva múltiple entre el contenido de humedad óptimo con relación al límite líquido y la densidad seca in-situ, con una tendencia potencial, con la que se obtuvo un coeficiente de determinación r^2 de 99%.

Mediante el diagrama se puede observar que el contenido de humedad óptimo es directamente proporcional al límite líquido y densidad seca in-situ, es decir a medida que el límite líquido aumenta el contenido de humedad óptimo también se incrementará.

CORRELACIÓN N° 6

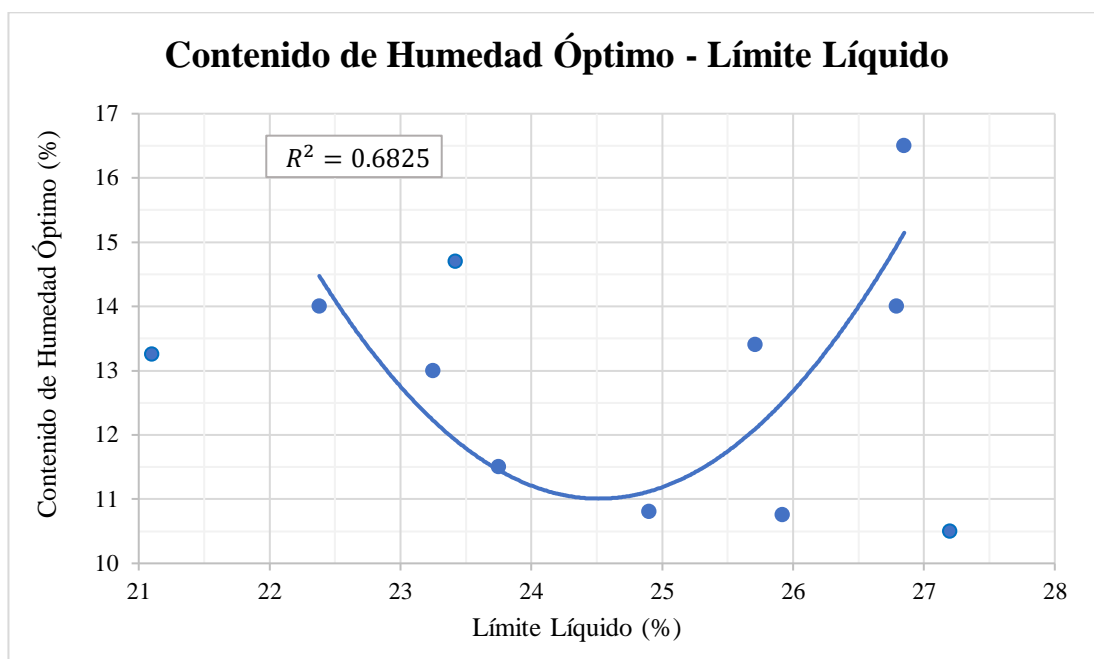


Figura 34. Correlación $W_{\text{ópt}}$ vs. LL

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $W_{\text{ópt}} = 0.7597 LL^2 - 37.251 LL - 467.63$

Coefficiente r^2 : 68 %

N° muestras analizadas: 11

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación negativa-positiva entre el contenido de humedad óptimo y el límite líquido, con una tendencia polinómica de 2^{do} grado, con la cual se obtuvo un coeficiente de determinación r^2 de 68%.

En el diagrama se puede observar que los valores son inversamente proporcionales hasta el 24.50%, es decir que, a mayor valor de límite líquido, menor valor de contenido de humedad óptimo de la muestra de suelo y posteriormente es directamente proporcional al límite líquido,

CORRELACIÓN N° 7

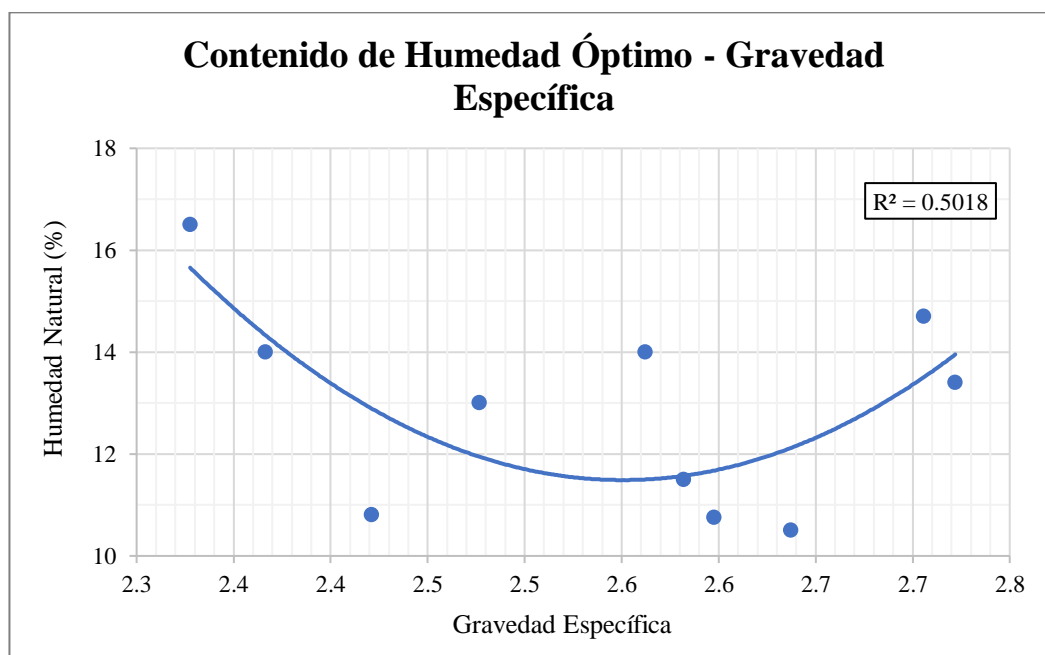


Figura 35. Correlación $W_{\text{ópt}}$ vs. Gravedad específica

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $W_{\text{ópt}} = 83.853 G_s^2 - 427.74 G_s + 556.98$

Coefficiente r^2 : 50 %

N° muestras analizadas: 10

Discusión: En el diagrama se presenta la correlación entre la humedad natural y la gravedad específica, mediante una tendencia polinómica de 2^{do} grado, con la cual se obtuvo un coeficiente de determinación r^2 de 50%.

Como se puede apreciar en el diagrama, la humedad natural es inversamente proporcional hasta los 2.60 y posteriormente es directamente proporcional a la gravedad específica.

CORRELACIÓN N° 8

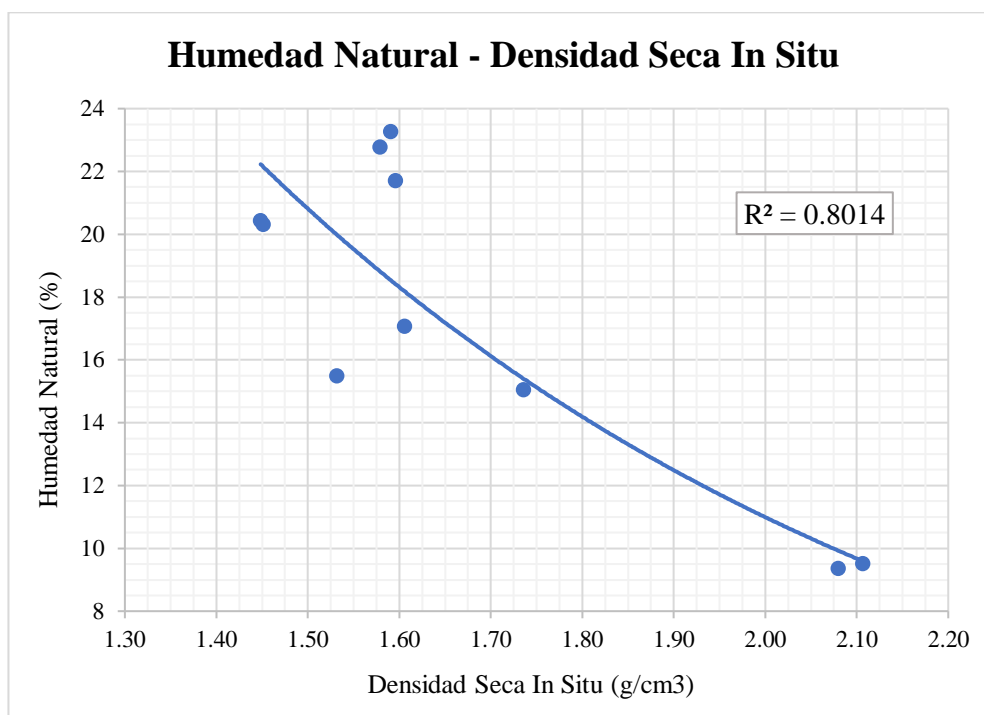


Figura 36. Correlación Wnat vs. Densidad In-Situ

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $Wnat = 141.24 e^{-1.2777 * \gamma_d \text{ in-situ}}$

Coefficiente r^2 : 80 %

N° muestras analizadas: 10

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación negativa entre la humedad natural y la densidad seca in-situ, mediante una tendencia exponencial, con la que se obtiene un coeficiente de correlación de determinación r^2 de 80%.

Mediante el diagrama se puede observar que los valores son inversamente proporcionales, es decir a mayor densidad seca in-situ, será menor el contenido de humedad natural de la muestra de suelo.

CORRELACIÓN N° 9

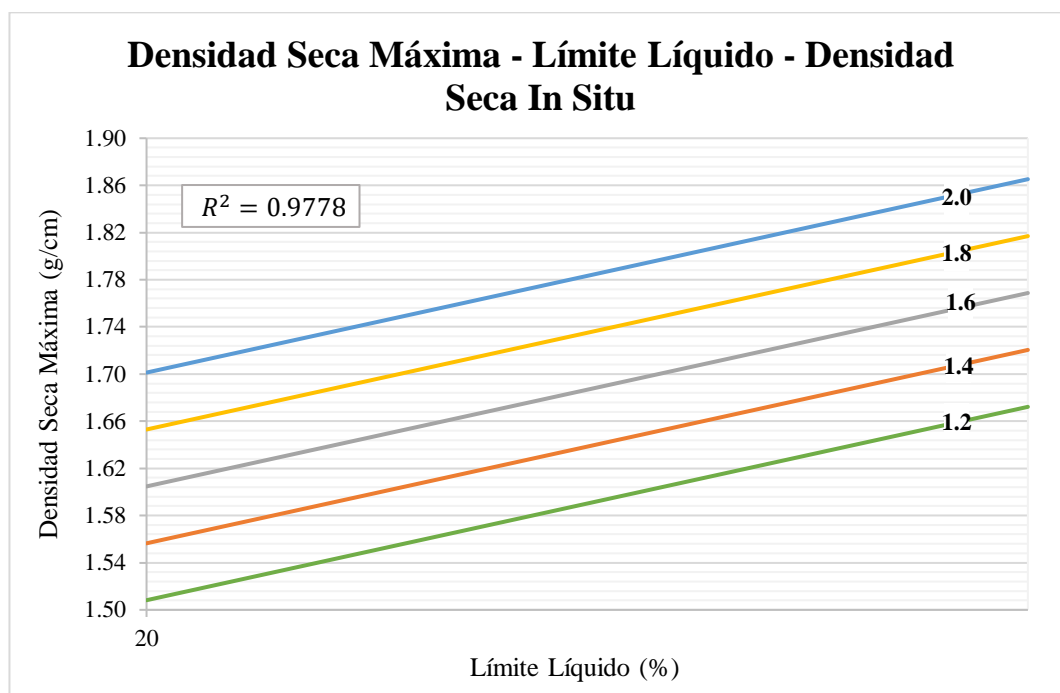


Figura 37. Correlación Densidad seca máxima vs LL - Densidad In situ

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $\gamma_{dm\acute{a}x} = 0.068 + 0.9314 \log (LL) + 0.2413 \gamma_{d \text{ in-situ}}$

Coefficiente r^2 : 98 %

N° muestras analizadas: 10

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación positiva múltiple entre la densidad seca máxima con relación al límite líquido y la densidad seca in-situ, por medio de una tendencia logarítmica, con la que se obtuvo un coeficiente de determinación r^2 de 98%.

Por medio del diagrama se puede determinar que la densidad seca máxima es directamente proporcional al límite líquido y la densidad seca in-situ, por esta razón a medida que aumenta el valor del límite líquido como consecuencia aumenta el valor de la densidad seca máxima de la muestra de suelo.

CORRELACIÓN N° 10

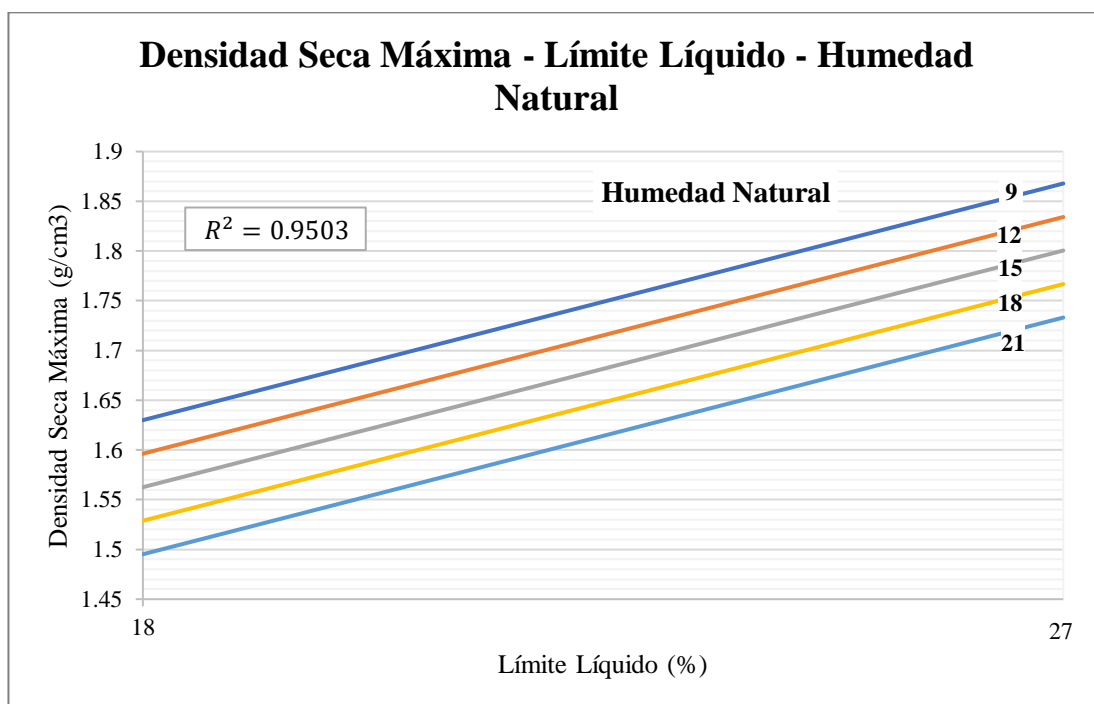


Figura 38. Correlación Densidad seca máxima vs. LL - Wnat.

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $\gamma_{dm\acute{a}x} = 0.035 + 1.3512 \log (LL) + 0.0112 Wnat$

Coefficiente r^2 : 95 %

N° muestras analizadas: 11

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación positiva múltiple entre la densidad seca máxima con relación al límite líquido y la humedad natural, mediante una tendencia logarítmica, con la que se obtuvo un coeficiente de determinación r^2 de 95%.

Por medio del diagrama se puede determinar que la densidad seca máxima es directamente proporcional al límite líquido y a la humedad natural, de manera que si el valor del límite líquido aumenta como consecuencia aumenta la densidad seca máxima de la muestra de suelo.

CORRELACIÓN N° 11

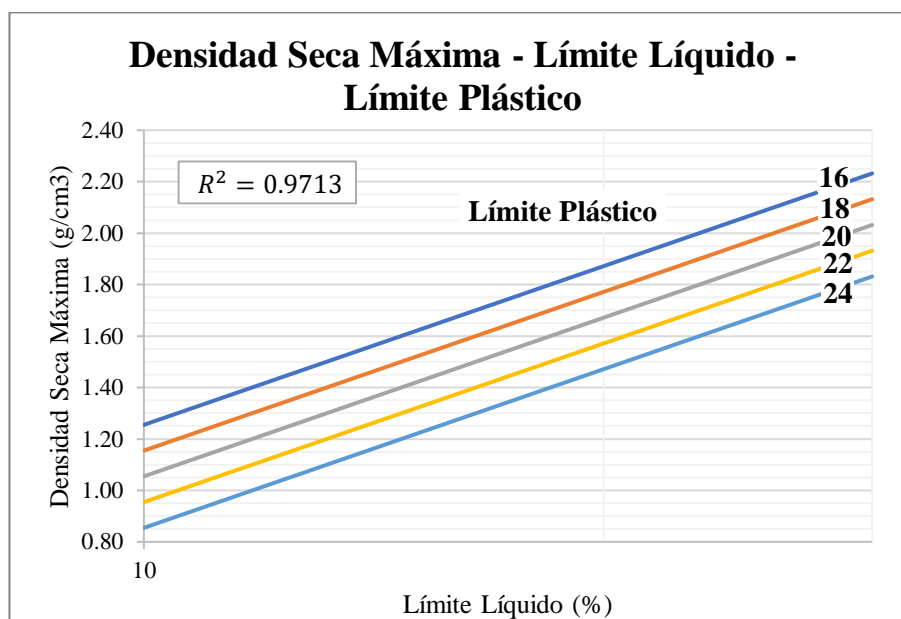


Figura 39. Correlación Densidad seca máxima vs. LL – LP

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $\gamma_{dm\acute{a}x} = 0.0079 + 2.0478 \log (LL) + 0.0501 LP$

Coefficiente r^2 : 97 %

N° muestras analizadas: 11

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación positiva múltiple entre la densidad seca máxima con respecto al límite líquido y límite plástico, por medio de una tendencia logarítmica, con la que se obtuvo un coeficiente de determinación r^2 de 97%.

Por medio del diagrama se puede determinar que la densidad seca máxima es directamente proporcional al límite líquido y límite plástico, es decir al aumentar el valor del límite líquido, la densidad seca máxima también aumenta.

CORRELACIÓN N° 12

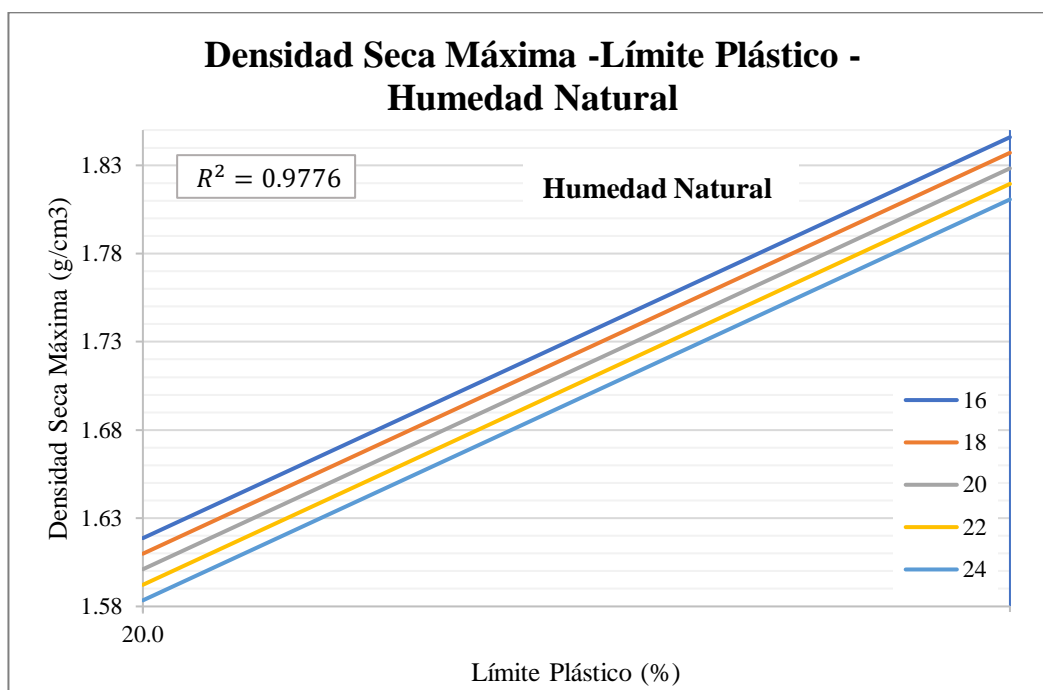


Figura 40. Densidad seca máxima vs. LP – Wnat

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $\gamma_{dm\acute{a}x} = 0.0103 + 1.2905 \log (LP) + 0.0044 Wnat$

Coefficiente r^2 : 98 %

N° muestras analizadas: 10

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación positiva múltiple entre la densidad seca máxima con respecto al límite plástico y la humedad natural, mediante una tendencia logarítmica, con la cual se obtuvo un coeficiente de determinación r^2 de 98%.

A través del diagrama se puede determinar que la densidad seca máxima es directamente proporcional al límite plástico y humedad natural de las muestras de suelo, por lo que, si el valor del límite plástico aumenta, la densidad seca máxima de igual manera se incrementará.

CORRELACIÓN N° 13

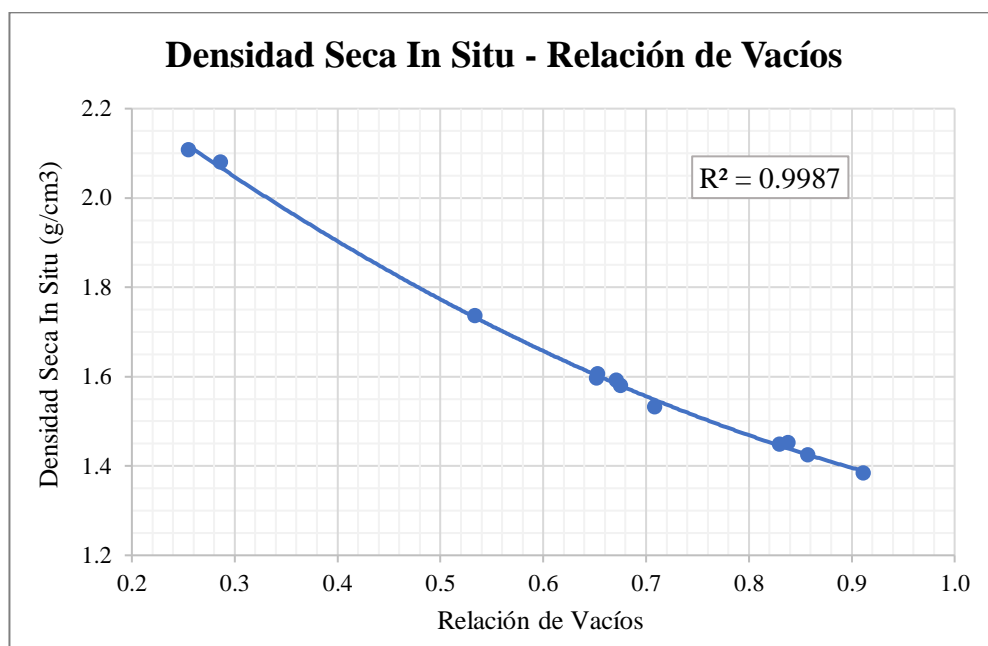


Figura 41. Densidad seca In situ vs. Relación de vacíos

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $\gamma_d \text{ in-situ} = 0.7134 e^2 - 1.942 e + 2.5657$

Coefficiente r^2 : 100 %

N° muestras analizadas: 12

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación negativa entre la densidad seca in-situ y la relación de vacíos, por medio de una tendencia exponencial, se obtuvo un coeficiente de correlación de determinación r^2 de 100%.

Mediante el diagrama se puede determinar que la densidad seca in-situ es inversamente proporcional a la relación de vacíos, es decir entre más denso es el suelo éste tiene un menor porcentaje de vacíos.

CORRELACIÓN N° 14

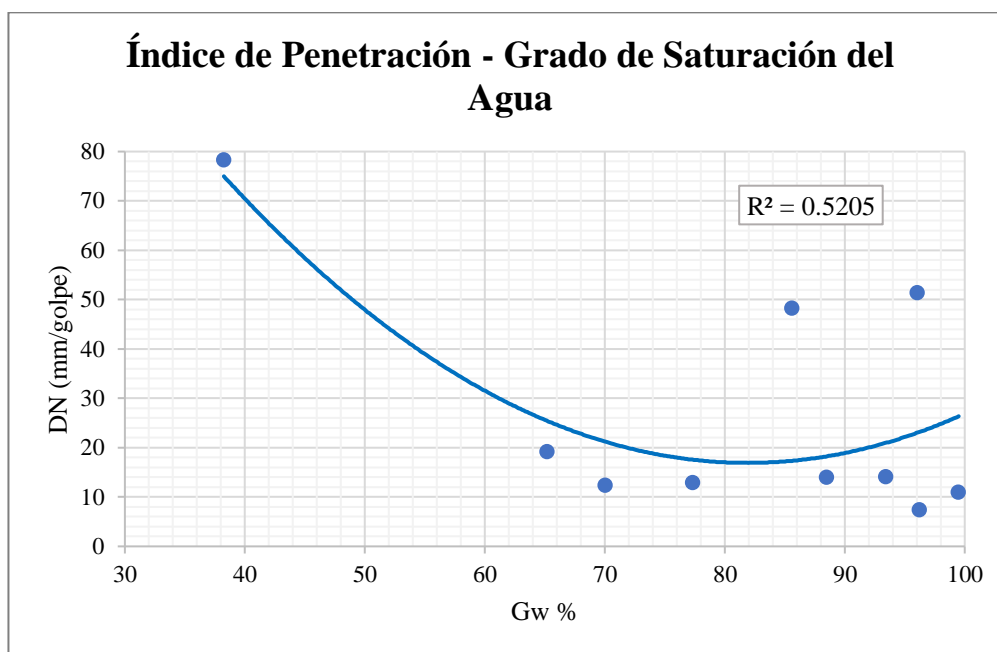


Figura 42. Correlación Índice de penetración vs. Gw

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $DN = 0.0305 Gw^2 - 4.9924 Gw + 221.37$

Coefficiente r^2 : 52 %

Nº muestras analizadas: 10

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación negativa entre el índice de penetración y el grado de saturación de agua, por medio de una tendencia polinómica de 2^{do} grado, se obtuvo un coeficiente de correlación de determinación r^2 de 52%.

Por medio del diagrama se determinó que el índice de penetración es inversamente proporcional al grado de saturación de agua, es decir cuando hay mayor presencia de agua en la muestra de suelo el índice de penetración será menor.

CORRELACIÓN N° 15

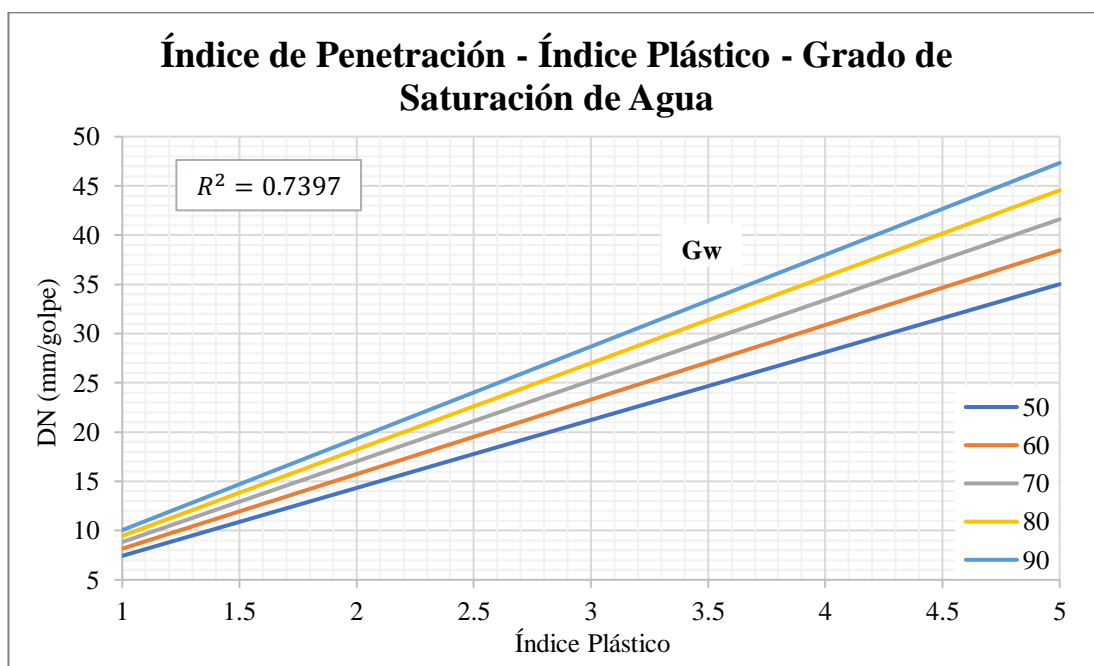


Figura 43. Correlación Índice de penetración vs. IP – Ga

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $DN = 1.0014 IP^{0.963} * Gw^{0.5125}$

Correlación r^2 : 74 %

N° muestras analizadas: 10

Discusión: En el presente diagrama se tiene una correlación positiva múltiple entre el índice de penetración con relación al índice plástico y el grado de saturación de agua, por medio de una tendencia potencial, con la que se obtuvo un coeficiente de determinación r^2 de 74%.

Mediante el diagrama se puede determinar que el índice de penetración es directamente proporcional al índice plástico y al grado de saturación de agua, es decir a medida que aumenta el índice plástico, el índice de penetración de igual manera aumentará.

CORRELACIÓN N° 16

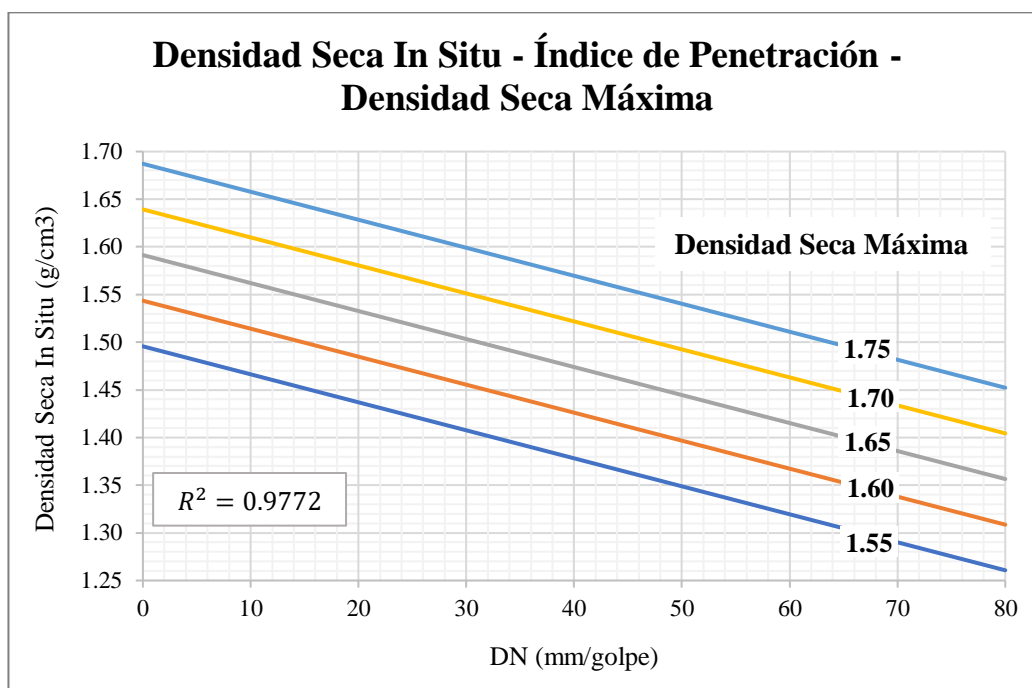


Figura 44. Densidad seca In situ vs. Índice de penetración - Densidad seca máxima

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $\gamma_d \text{ in-situ} = 0.0115 - 0.0029 \text{ DN} + 0.9576 \gamma_{d\text{máx}}$

Coefficiente r^2 : 98 %

N° muestras analizadas: 10

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación negativa múltiple entre la densidad seca in-situ con el índice de penetración y la densidad seca máxima, mediante una tendencia lineal se obtuvo un coeficiente de determinación r^2 de 98%.

Por medio del diagrama se puede determinar que la densidad seca in-situ es inversamente proporcional al índice de penetración y a la densidad seca máxima, es decir entre más denso es el suelo en estudio se necesita mayor número de golpes por mm.

CORRELACIÓN N° 17

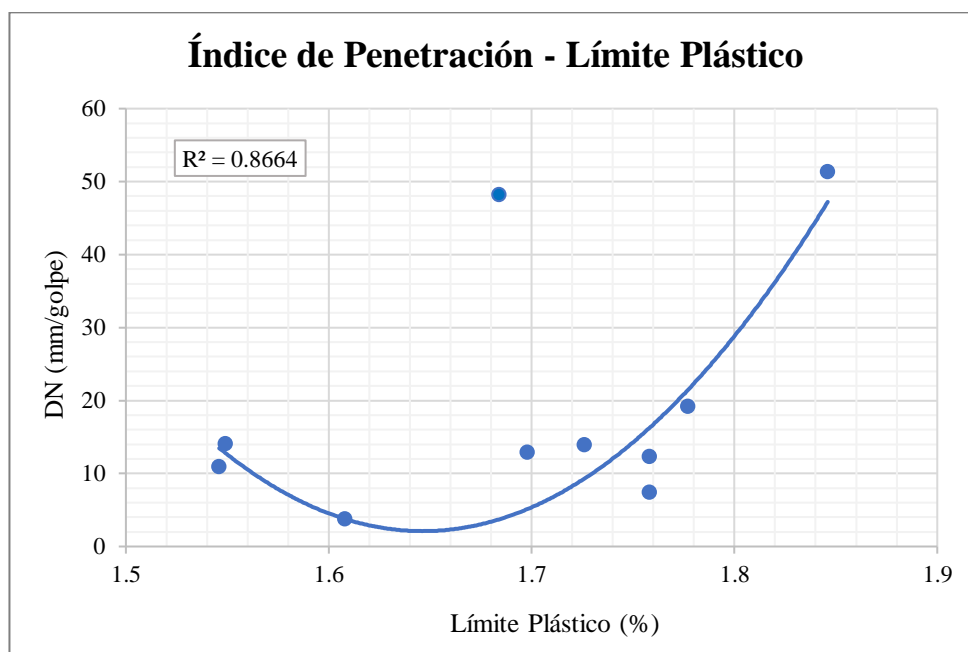


Figura 45. Índice de penetración vs. LP

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $DN = 1131.4 LP^2 - 3725.3 LP + 3068.7$

Coefficiente r^2 : 87 %

N° muestras analizadas: 10

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación negativa-positiva entre el índice de penetración y el límite plástico, por medio de una tendencia polinómica de 2^{do} grado se obtuvo un coeficiente de determinación r^2 de 87%.

Mediante el diagrama se puede determinar que el índice de penetración es inversamente proporcional hasta el 1.625% y a continuación es directamente proporcional al límite plástico.

CORRELACIÓN N° 18

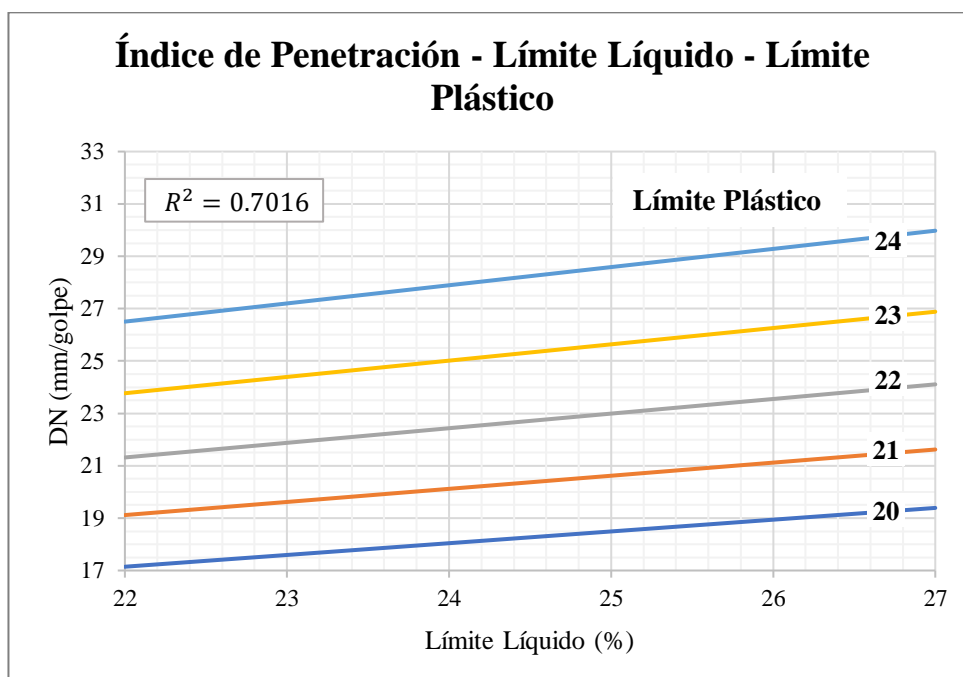


Figura 46. Correlación Índice de penetración vs. LL – LP

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $DN = 1.1297 e^{0.0246 * LL * e^{0.1089 * LP}}$

Coefficiente r^2 : 70 %

N° muestras analizadas: 10

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación positiva múltiple entre el índice de penetración con relación al límite líquido y al límite plástico, por medio de una tendencia polinómica de 2^{do} grado se obtuvo un coeficiente de determinación r^2 de 70%.

A través del diagrama se puede determinar que el índice de penetración es directamente proporcional al límite líquido y al límite plástico, es decir cuando aumenta el límite líquido también se incrementa el valor del índice de penetración.

CORRELACIÓN N° 19

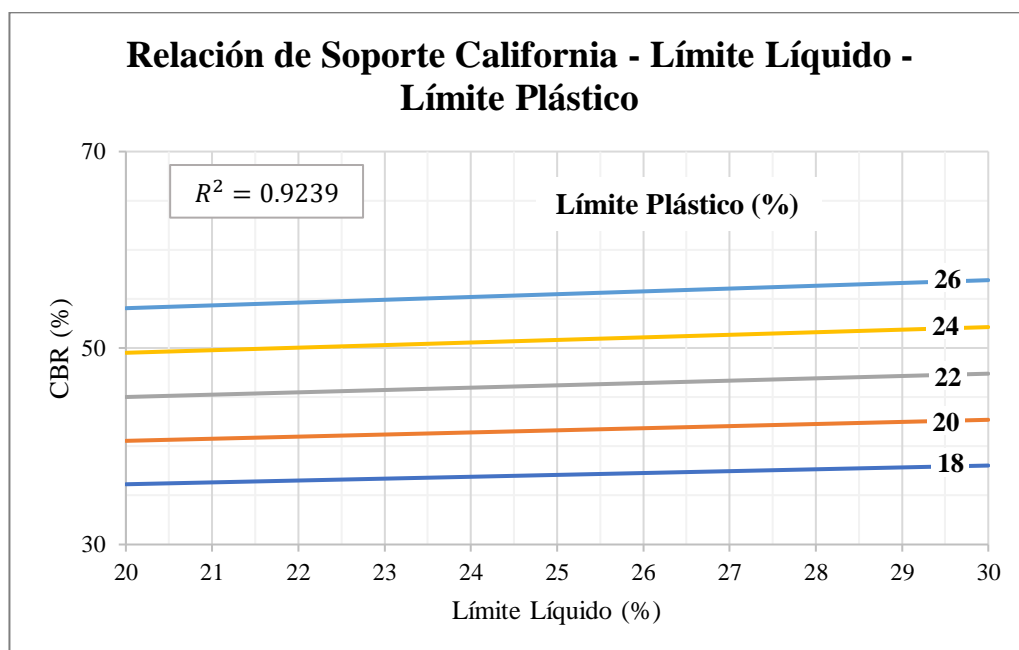


Figura 47. Correlación CBR vs. LL – LP

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $CBR = 1.0416 LL^{0.1269} * LP^{1.0955}$

Coefficiente r^2 : 92 %

N° muestras analizadas: 10

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación positiva múltiple entre la relación de soporte californiana con respecto al límite líquido y límite plástico, por medio de una tendencia potencial se alcanzó un coeficiente de determinación r^2 de 92%.

Por medio del diagrama se puede determinar que la relación de soporte californiana CBR es directamente proporcional al límite líquido y límite plástico, es decir a mayor valor de límite líquido el porcentaje de CBR se incrementa.

CORRELACIÓN N° 20

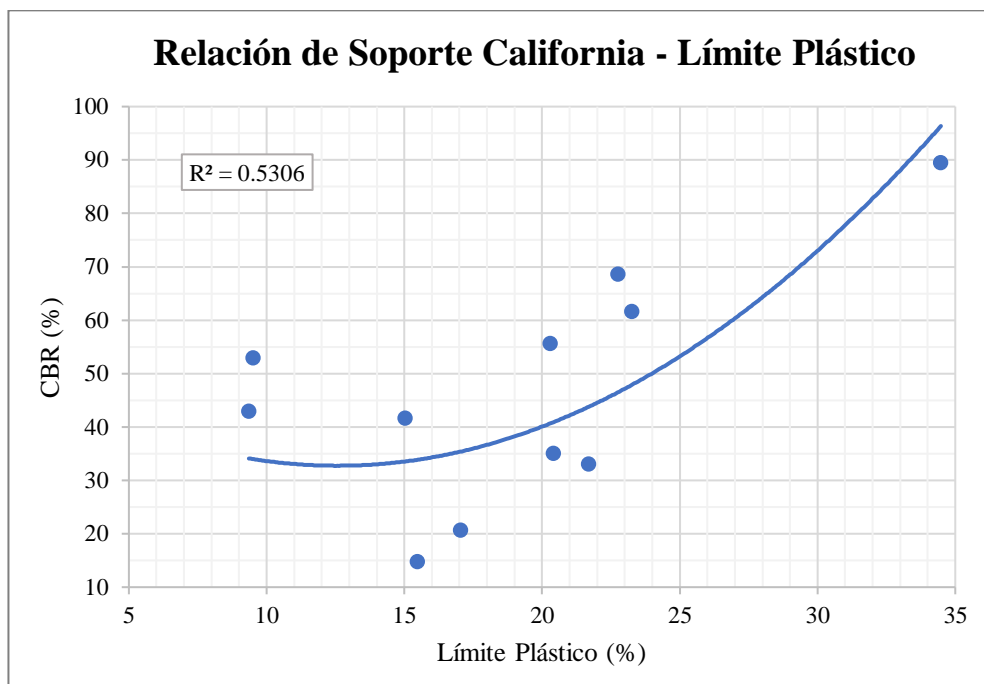


Figura 48. Correlación CBR vs. LP

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $CBR = 0.1325 LP^2 - 3.332 LP + 53.686$

Coefficiente r^2 : 53 %

N° muestras analizadas: 12

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación negativa-positiva entre la relación de soporte califonia CBR y el límite plástico, por medio de una tendencia polinómica de 2^{do} grado se consiguió un coeficiente de determinación r^2 de 53%.

Mediante el diagrama se determinó que el CBR es inversamente proporcional hasta el 12.50% y a continuación es directamente proporcional al límite plástico.

CORRELACIÓN N° 21

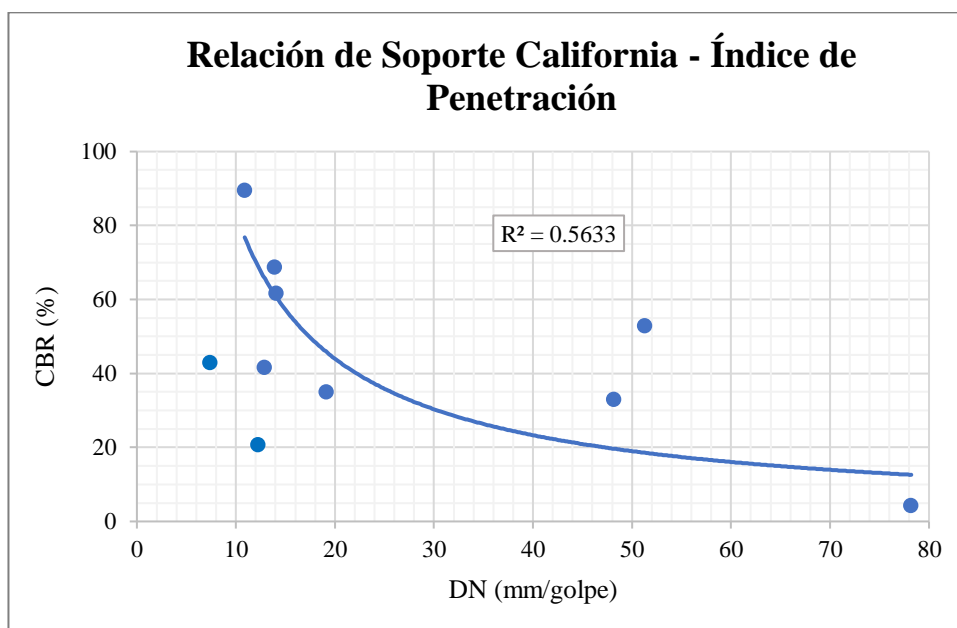


Figura 49. Correlación CBR vs. Índice de penetración

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $CBR = 685.12 DN^{-0.916}$

Coefficiente r^2 : 56 %

N° muestras analizadas: 10

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación negativa entre la relación de soporte californiana CBR y el índice de penetración, mediante una tendencia potencial se obtuvo un coeficiente de determinación r^2 de 56%.

Mediante el diagrama se puede determinar que el CBR es inversamente proporcional al índice de penetración, es decir cuando el suelo necesita un menor número de golpes por mm, el porcentaje de CBR se incrementará.

CORRELACIÓN N° 22

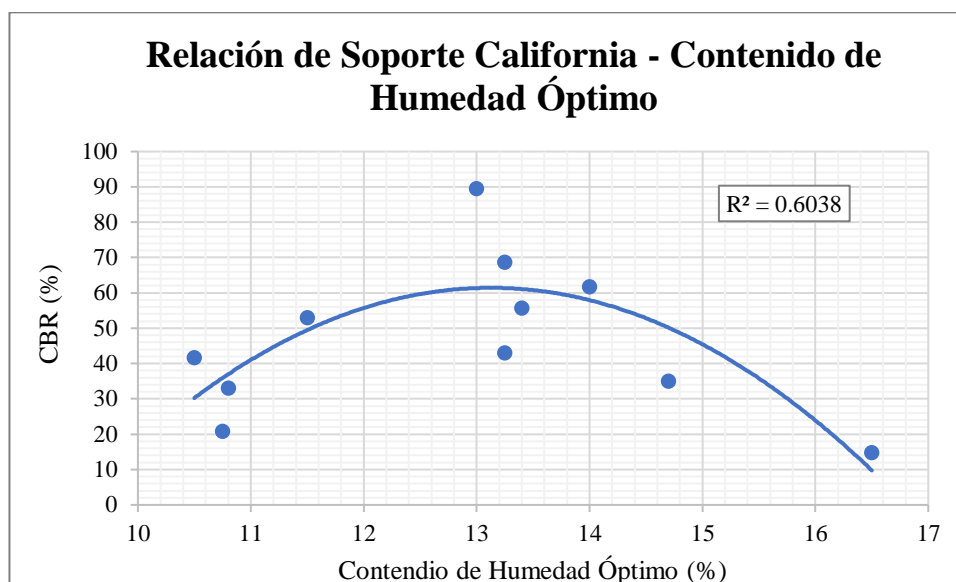


Figura 50. Correlación CBR vs. Wópt

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $CBR = -4.5326 W_{ópt}^2 + 118.96 W_{ópt} - 719.13$

Coefficiente r^2 : 60 %

N° muestras analizadas: 11

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación positiva-negativa entre la relación de soporte californiana CBR y el contenido de humedad óptimo, a través de una tendencia polinómica de 2^{do} grado se obtuvo un coeficiente de determinación r^2 de 60%.

Por medio del diagrama se determinó que el CBR es directamente proporcional hasta el 13.20% y seguidamente es inversamente proporcional al contenido de humedad de las muestras de suelo.

CORRELACIÓN N° 23

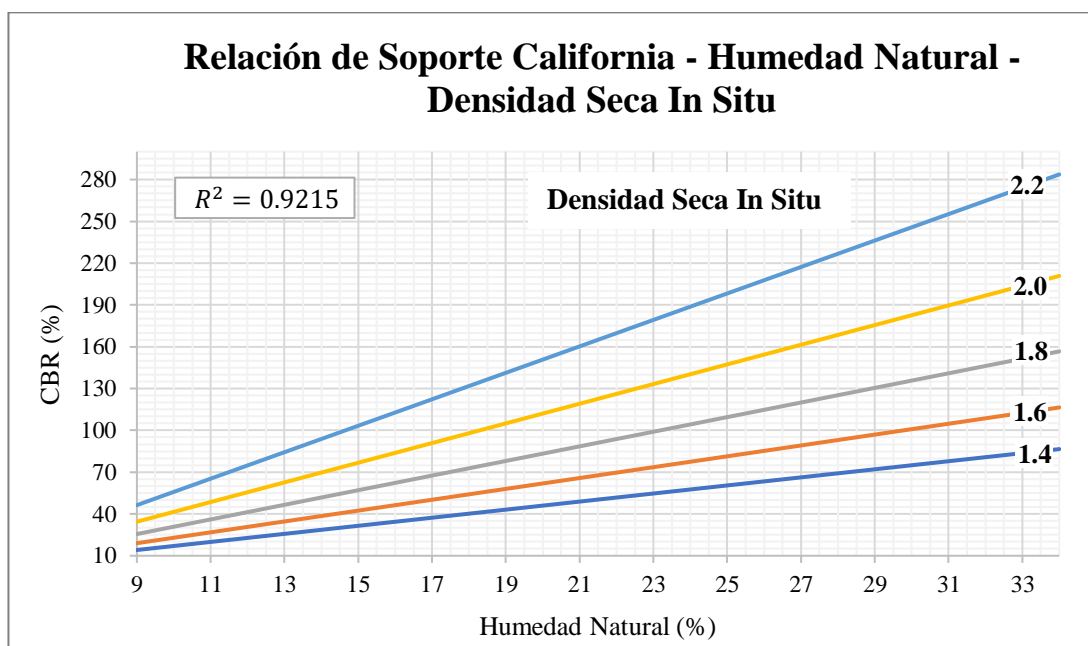


Figura 51. Correlación CBR vs Wnat - Densidad seca In situ

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $CBR = 0.9219 e^{0.0725 Wnat} * e^{1.4842 \gamma d \text{ in-situ}}$

Coefficiente r^2 : 92 %

N° muestras analizadas: 11

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación positiva múltiple entre la relación de soporte californiana (CBR) con respecto a la humedad natural y la densidad seca in-situ, por medio de una tendencia potencial se obtuvo un coeficiente de determinación r^2 de 92%.

Por medio del diagrama se puede determinar que el CBR es directamente proporcional a la humedad natural y la densidad seca in-situ, es decir a mayor humedad natural el porcentaje de CBR de igual manera se incrementará.

CORRELACIÓN N° 24

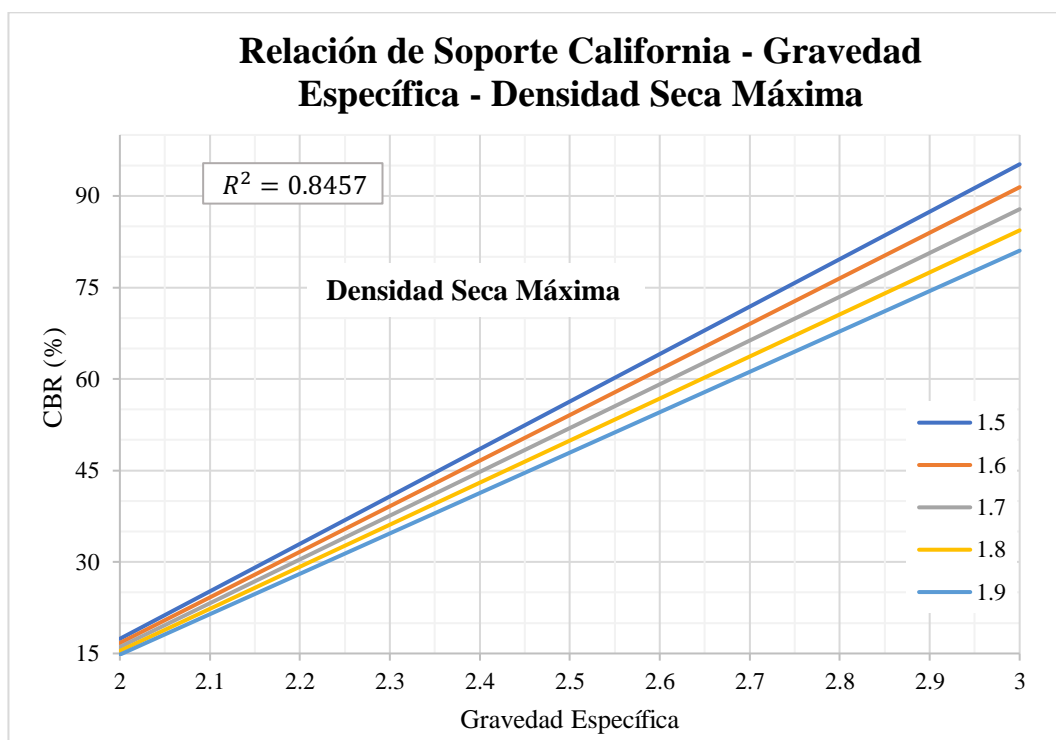


Figura 52. Correlación CBR vs. Gravedad específica - Densidad seca máxima

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $CBR = 1.0644 e^{1.6992 * G_s} * e^{-0.4027 * \gamma_{dm\acute{a}x}}$

Coefficiente r^2 : 85 %

N° muestras analizadas: 11

Discusión: El presente diagrama tiene una correlación positiva múltiple entre la relación de soporte californiana (CBR) con respecto a la gravedad específica y la densidad seca máxima, mediante una tendencia exponencial se obtuvo un coeficiente de determinación r^2 de 85%.

Mediante el diagrama se puede determinar que el CBR es directamente proporcional a la gravedad específica y la densidad seca máxima, esto se debe a que entre más denso y mejor compactado se encuentre un suelo, este tendrá mejores características que le permitan soportar las cargas aplicadas.

CORRELACIÓN N° 25

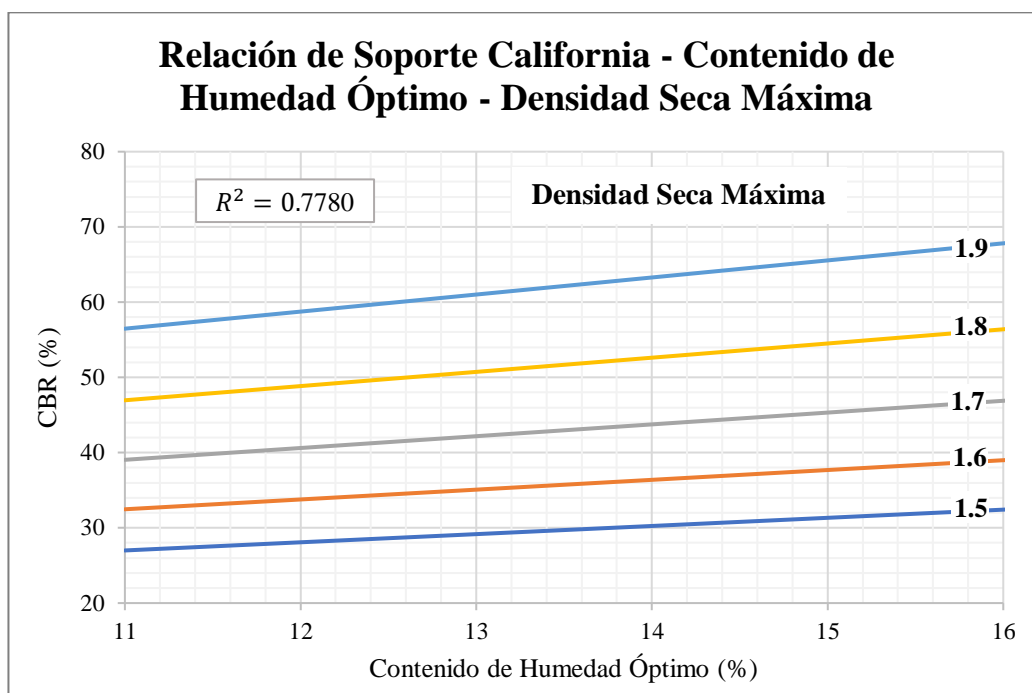


Figura 53. Correlación CBR vs. Wópt - Densidad seca máxima

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Ecuación: $CBR = 1.1412 e^{0.036 * W_{\text{ópt}} * e^{1.8451 * \gamma_{\text{dmáx}}}}$

Coeficiente r^2 : 78 %

N° muestras analizadas: 11

Discusión: En el diagrama se presenta una correlación positiva múltiple entre la relación de soporte californiana (CBR) con respecto al contenido de humedad óptimo y la densidad seca máxima, por medio de una tendencia exponencial se obtuvo un coeficiente de determinación r^2 de 78%.

Mediante el diagrama se puede determinar que el CBR es directamente proporcional al contenido de humedad óptimo y a la densidad seca máxima, es decir mientras aumenta el valor de la densidad seca máxima el porcentaje de CBR incrementará.

3.3 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE AASHTO 93

Se realizó el conteo vehicular para determinar el Tráfico Promedio Diario Actual (TPDA) presente en la vía San Francisco-Surangay, obteniéndose de esta manera la hora pico de 17:00 – 18:00

Tabla 36. Valores de tráfico hora pico

HORA	LIVIANOS			BUSES			CAMIONES				TOTAL	TOTAL HORA
	Automóviles	Camionetas	Motos	Livianos	Medianos	Pesados	DOS EJES		TRES EJES	> TRES EJES		
							Livianos	Medianos				
17:00 - 17:15	2		1								2	20
17:15 - 17:30	6	3	3				1				7	
17:30 - 17:45	7	4	2		1						8	
17:45 - 18:00	3	1									3	
Total:	18			1			1					

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

3.3.1 Factor hora pico

$$FHP = \frac{\text{Total de vehículos}}{4 * \text{mayor tráfico en 15min}}$$

$$FHP = \frac{20}{4 * 8}$$

$$FHP = 0.625$$

El valor obtenido es menor que la unidad, para el presente proyecto se asume un Factor de Hora Pico $FHP = 1$.

3.3.2 Porcentaje de la trigésima hora

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

Livianos

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

$$TPDA (livianos) = 120 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Buses

$$TPDA (buses) = \frac{1 * 1}{15\%}$$

$$TPDA (buses) = 7 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Camiones

$$TPDA (camiones) = \frac{1 * 1}{15\%}$$

$$TPDA (camiones) = 7 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$TPDA (actual) = TPDA (livianos) + TPDA (buses) + TPDA (camiones)$$

$$TPDA (actual) = 120 + 7 + 7$$

$$TPDA (actual) = 134 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

3.3.3 Tr\u00e1fico Vehicular actual en el 1^{er} a\u00f1o

$$TPDA (1 \text{ a\u00f1o}) = Ta * (1 + i)^1$$

Tabla 37. \u00cdndice de crecimiento vehicular

Periodo	Tipo de Veh\u00edculo		
	Livianos	Buses	Camiones
2015 - 2020	3.97	1.97	1.94
2020 - 2025	3.57	1.78	1.74
2026 - 2030	3.25	1.62	1.58
2031 - 2035	3.25	1.62	1.58
2036 - 2039	3.25	1.62	1.58

Fuente: AASHTO 93, Manual de Dise\u00f1o de Pavimentos [37]

Livianos

$$TPDA (livianos) = 120 * (1 + 3.57\%)^1$$

$$TPDA (livianos) = 124 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Buses

$$TPDA (buses) = 7 * (1 + 1.97\%)^1$$

$$TPDA (buses) = 7 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Camiones

$$TPDA (camiones) = 7 * (1 + 1.94\%)^1$$

$$TPDA (camiones) = 7 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$TPDA (1 \text{ a\u00f1o}) = TPDA (livianos) + TPDA (buses) + TPDA (camiones)$$

$$TPDA (1 \text{ a\u00f1o}) = 124 + 7 + 7$$

$$TPDA (1 \text{ a\u00f1o}) = 138 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

3.3.4 Tr\u00e1fico Generado

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

Livianos

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

$$Tg (livianos) = 25 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Buses

$$Tg (buses) = 20\% * 7$$

$$Tg (buses) = 1 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Camiones

$$Tg (\text{camiones}) = 20\% * 7$$

$$Tg (\text{camiones}) = 1 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

3.3.5 Tr\u00e1fico atra\u00eddo

$$Tatr = 10\% * Ta (1^{er} \text{ a\u00f1o})$$

Livianos

$$Tatr (\text{livianos}) = 10\% * 124$$

$$Tatr (\text{livianos}) = 12 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Buses

$$Tatr (\text{buses}) = 10\% * 7$$

$$Tatr (\text{buses}) = 1 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Camiones

$$Tatr (\text{camiones}) = 10\% * 7$$

$$Tatr (\text{camiones}) = 1 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

3.3.6 Tr\u00e1fico desarrollado

$$Td = 5\% * Ta (1^{er} \text{ a\u00f1o})$$

Livianos

$$Td (\text{livianos}) = 5\% * 124$$

$$Td (\text{livianos}) = 6 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Buses

$$Td (\text{buses}) = 5\% * 7$$

$$Td (\text{buses}) = 1 \text{ veh\u00edculo/d\u00eda}$$

Camiones

$$Td (\text{camiones}) = 5\% * 7$$

$$Td (\text{camiones}) = 1 \text{ veh\u00edculo/d\u00eda}$$

Tabla 38. Tr\u00e1fico actual total del proyecto

	Tipo de Veh\u00edculo		
	Livianos	Buses	Camiones
TPDA actual	120	7	7
TPDA 1 a\u00f1o	124	7	7
T g	25	1	1
T atr	12	1	1
T d	6	1	1
Ta Total	287	17	17

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 39. Periodo de dise\u00f1o seg\u00fan el tipo de v\u00eda

Clasificaci\u00f3n de la v\u00eda	Periodo de an\u00e1lisis (a\u00f1os)
Urbana de alto volumen de tr\u00e1fico	30 - 50
Rural de alto volumen de tr\u00e1fico	20 - 50
Pavimentada de bajo volumen de tr\u00e1fico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tr\u00e1fico	10 - 20

Fuente: AASHTO 93, Manual de Dise\u00f1o de Pavimentos [37]

Debido a que es una v\u00eda pavimentada de bajo volumen de tr\u00e1fico se considerar\u00e1 un per\u00edodo de an\u00e1lisis de 20 a\u00f1os.

Tabla 40. Tráfico para el periodo de diseño

Período	Años (n)	Índice de crecimiento (i%)			Tránsito promedio diario			Total
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	
2021	0	3.57	1.78	1.74	120	7	7	134
2022	1	3.57	1.78	1.74	124	7	7	139
2023	2	3.57	1.78	1.74	129	7	7	143
2024	3	3.57	1.78	1.74	133	7	7	148
2025	4	3.57	1.78	1.74	138	8	8	153
2026	5	3.25	1.62	1.58	143	8	8	158
2027	6	3.25	1.62	1.58	147	8	8	163
2028	7	3.25	1.62	1.58	152	8	8	168
2029	8	3.25	1.62	1.58	157	8	8	173
2030	9	3.25	1.62	1.58	162	8	8	178
2031	10	3.25	1.62	1.58	167	8	8	184
2032	11	3.25	1.62	1.58	173	8	8	189
2033	12	3.25	1.62	1.58	178	9	9	195
2034	13	3.25	1.62	1.58	184	9	9	201
2035	14	3.25	1.62	1.58	190	9	9	208
2036	15	3.25	1.62	1.58	196	9	9	214
2037	16	3.25	1.62	1.58	203	9	9	221
2038	17	3.25	1.62	1.58	209	9	9	228
2039	18	3.25	1.62	1.58	216	9	9	235
2040	19	3.25	1.62	1.58	223	10	9	242
2041	20	3.25	1.62	1.58	230	10	10	250

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

3.3.7 Determinación de Ejes Equivalentes según el periodo de diseño

3.3.7.1 Factor de daño

Tabla 41. Factor de daño según el tipo de vehículo

Tipo	Simple		Simple Doble		Tándem		Trídem		Factor de Daño
	Ton	(P/6.6) ^4	Ton	(P/8.2) ^4	Ton	(P/15)^4	Ton	(P/23) ^4	
Liviano	3	0.04							0.04
Bus	4	0.13	8	0.91					1.04
C - 2P	2.5	0.02							1.29
	7	1.27							
C - 2G	6	0.68	11	3.24					3.92
C - 3	6	0.68			18	2.07			2.76
C - 4	6	0.68					25	1.40	2.08
C - 5	6	0.68			18	2.07			2.76
C - 6	6	0.68			18	2.07	25	1.40	4.15

Fuente: AASHTO 93, Manual de Diseño de Pavimentos [37]

3.3.7.2 Número de ejes equivalentes

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

Tabla 42. Tráfico futuro

Período	Años (n)	Índice de crecimiento (i%)			Tránsito promedio diario				W18 parcial	W18 acumulado	W18 de diseño
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	Total			
2021	0	3,57	1,78	1,74	120	7	7	134	7705	7705	3853
2022	1	3,57	1,78	1,74	124	7	7	139	7764	15469	7734
2023	2	3,57	1,78	1,74	129	7	7	143	7837	23305	11653
2024	3	3,57	1,78	1,74	133	7	7	148	7895	31200	15600
2025	4	3,57	1,78	1,74	138	8	8	153	8818	40019	20009
2026	5	3,25	1,62	1,58	143	8	8	158	8891	48910	24455
2027	6	3,25	1,62	1,58	147	8	8	163	8950	57860	28930
2028	7	3,25	1,62	1,58	152	8	8	168	9023	66883	33441
2029	8	3,25	1,62	1,58	157	8	8	173	9096	75978	37989
2030	9	3,25	1,62	1,58	162	8	8	178	9169	85147	42574
2031	10	3,25	1,62	1,58	167	8	8	184	9242	94389	47195
2032	11	3,25	1,62	1,58	173	8	8	189	9329	103718	51859
2033	12	3,25	1,62	1,58	178	9	9	195	10253	113971	56986
2034	13	3,25	1,62	1,58	184	9	9	201	10340	124312	62156
2035	14	3,25	1,62	1,58	190	9	9	208	10428	134740	67370
2036	15	3,25	1,62	1,58	196	9	9	214	10516	145255	72628
2037	16	3,25	1,62	1,58	203	9	9	221	10618	155873	77937
2038	17	3,25	1,62	1,58	209	9	9	228	10705	166579	83289
2039	18	3,25	1,62	1,58	216	9	9	235	10808	177386	88693
2040	19	3,25	1,62	1,58	223	10	9	242	11289	188676	94338
2041	20	3,25	1,62	1,58	230	10	10	250	11863	200538	100269

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

3.3.7.3 Confiabilidad (R)

Debido a que la vía del proyecto es una carretera secundaria rural, se asumirá un nivel de confiabilidad de 80%.

Tabla 43. Nivel de confiabilidad R

Clasificación funcional	Nivel de Confiabilidad R	
	Urbana	Rural
Autopistas	85 - 99.9	80 - 89.99
Carreteras de primer orden	80 - 99	75 - 95
Carreteras secundarias	80 - 95	75 - 95
Caminos vecinales	50 - 80	50 - 80

Fuente: AASHTO 93, Manual de Diseño de Pavimentos [37]

3.3.7.4 Desviación Estándar Normal (Zr)

Tabla 44. Desviación estándar normal Zr

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

Fuente: AASHTO 93, Manual de Diseño de Pavimentos [37]

Al tener un nivel de confiabilidad R de 80%, la desviación estándar es de -0.841

3.3.7.5 Desviación Estándar Global (So)

La desviación estándar global para pavimentos flexibles fluctúa entre 0.40 y 0.50, por lo que la norma recomienda emplear el valor de 0.45.

3.3.7.6 Módulo de Resiliencia (Mr)

Para determinar el módulo de resiliencia de la subrasante se utilizará el CBR de laboratorio de Chanchaloma 1.

$$CBR = 61.61 \%$$

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

$$Mr(psi) = 4326 * \ln(61.61) + 241$$

$$Mr(psi) = 18067.69$$

$$Mr = 18.07 \text{ Ksi}$$

3.3.7.7 Índice de Serviciabilidad (PSI) [37]

PSI inicial = 4.2 para pavimentos flexibles

PSI final = 2.0 para caminos secundarios

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

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

3.3.7.8 Espesores por capa

Coefficientes estructurales (a₁, a₂, a₃)

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) establece un conjunto de especificaciones, CBR para bases debe ser mayor o igual al 80% y para subbase debe ser mayor o igual al 30%.

Coefficiente estructural de la Carpeta Asfáltica (a_1)

Para el presente proyecto se empleará la estabilidad mínima de Marshall para tráfico pesado de 1800 lb.

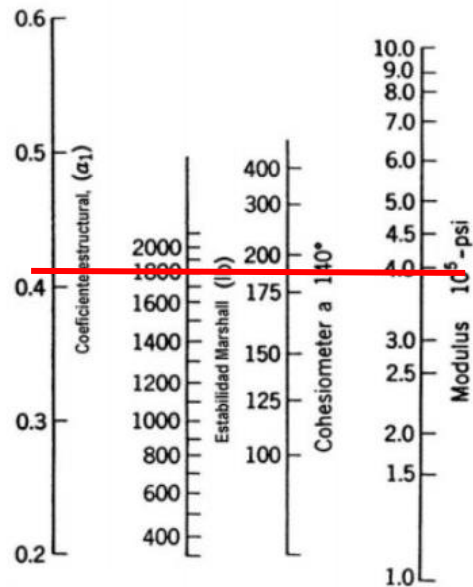


Figura 54. Nomograma para estimar el coeficiente estructural a_1 para la carpeta asfáltica

Fuente: AASHTO 93, Manual de Diseño de Pavimentos [37]

Mediante el nomograma se puede determinar el valor del coeficiente estructural (a_1) de 0.41, y un Módulo de Elasticidad de 392000 psi.

Coefficiente estructural de la Base Granular (a_2)

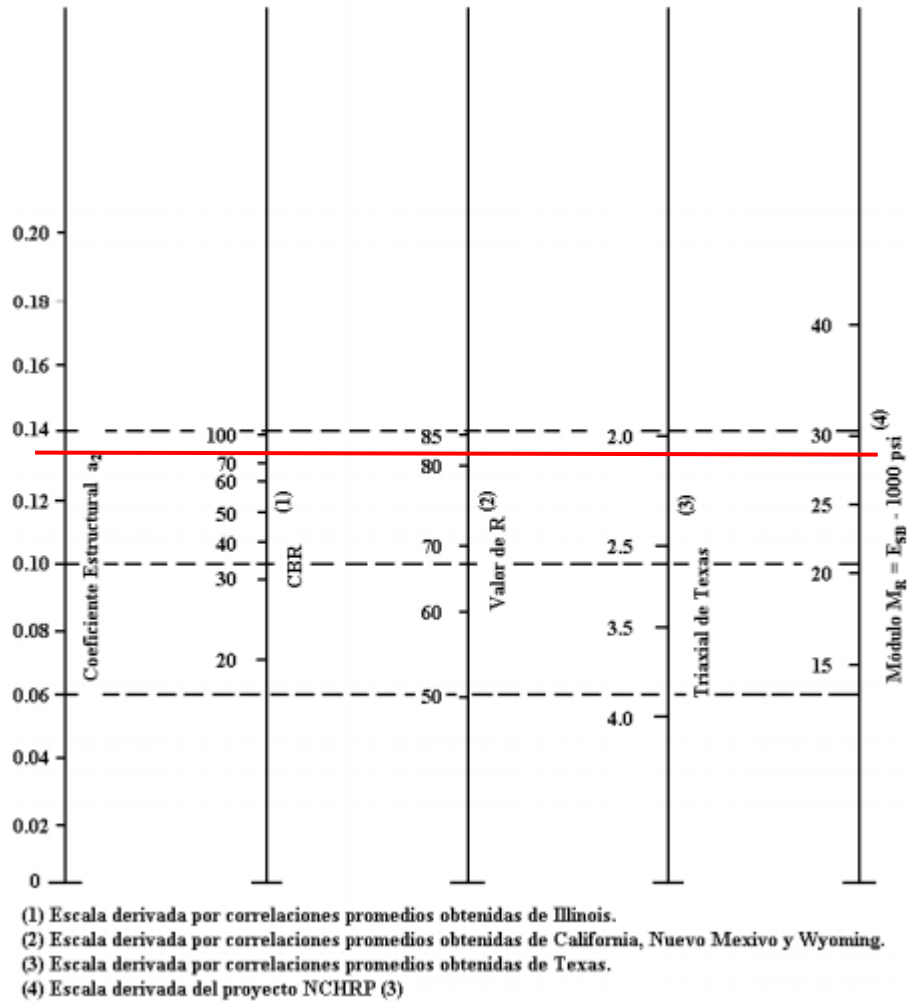


Figura 55. Nomograma para estimar el coeficiente estructural a_2 , para la base

Fuente: AASHTO 93, Manual de Diseño de Pavimentos [37]

Mediante el nomograma se puede determinar que para un CBR de 80% se tiene un coeficiente estructural a_2 de 0.133, y un módulo de resiliencia de 28.5 Ksi.

Coefficiente estructural de la Sub-Base Granular (a₃)

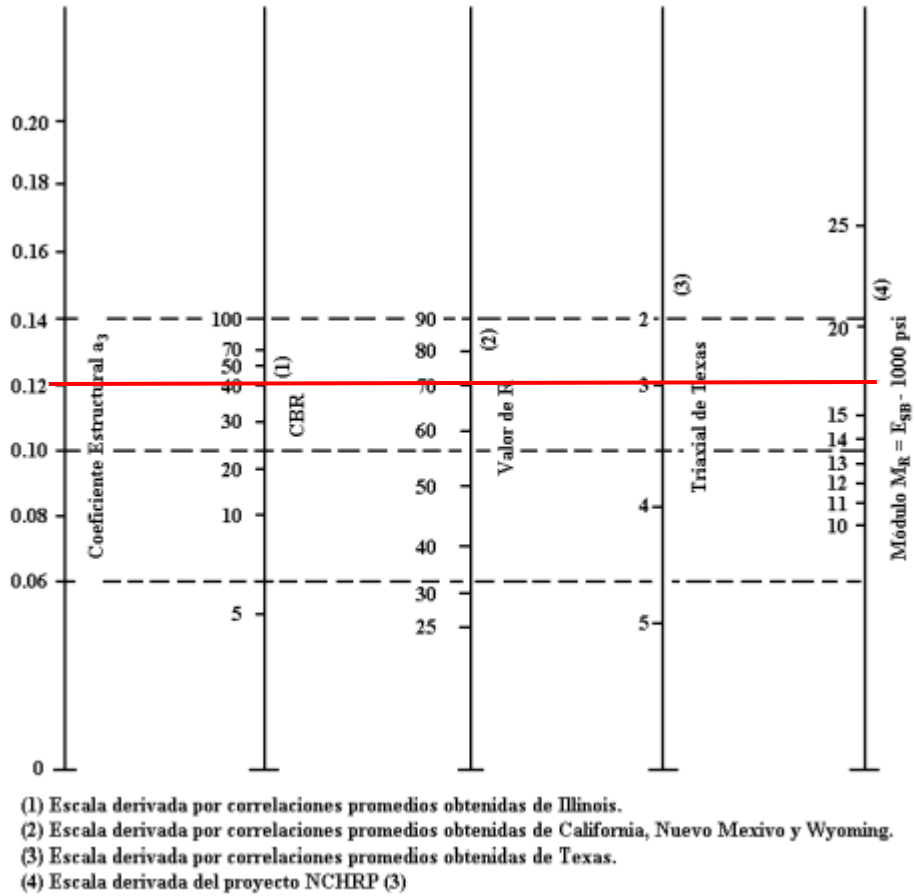


Figura 56. Nomograma para estimar el coeficiente estructural a_3 , para la subbase

Fuente: AASHTO 93, Manual de Diseño de Pavimentos [37]

Mediante el nomograma se determina que para un CBR de 40 % se tiene un coeficiente estructural a_3 de 0.12 y un módulo de resiliencia de 16.4 ksi.

3.3.7.9 Coeficiente de drenaje (m_2 , m_3)

Tabla 45. Calidad de drenaje

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

Fuente: AASHTO 93, Manual de Diseño de Pavimentos [37]

La calidad de drenaje es buena, ya que se considera que el agua se eliminará en 1 día.

Tabla 46. Coeficientes m_2 y m_3 , según la capacidad de drenaje

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

Fuente: AASHTO 93, Manual de Diseño de Pavimentos [37]

Mediante la tabla se asume un coeficiente de drenaje m_2 y m_3 de 1.10

3.3.8 Diseño del pavimento flexible con CBR de laboratorio

The screenshot shows a software window titled "Ecuación AASHTO 93" with the following fields and values:

- Tipo de Pavimento:** Pavimento flexible, Pavimento rígido
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** 80 % Zr=-0.841 (dropdown), So = 0.45
- Serviciabilidad inicial y final:** PSI inicial = 4.2, PSI final = 2
- Módulo resiliente de la subrasante:** Mr = 18067.69 psi
- Información adicional para pavimentos rígidos:** (Empty fields for E_c, S_c, I, and Cd)
- Tipo de Análisis:** Calcular SN, Calcular W18
- W18 =** 100269
- Número Estructural:** SN = 1.54
- Buttons:** Calcular, Salir

Figura 57. Cálculo del número estructural SN, Programa AASHTO 93

Fuente: AASHTO 93, Manual de Diseño de Pavimentos [37]

Tabla 47. Diseño de Pavimentos

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
DATOS DE ENTRADA :			
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			392.00
B. MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			28.50
C. MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			16.40
2. DATOS DE TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			100 269
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			80%
DESVIACIÓN ESTANDAR NORMAL (Zr)			-0.841
DESVIACIÓN ESTANDAR GLOBAL (So)			0.45
C. MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			18.07
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pf)			2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a1)			0.410
Base granular (a2)			0.133
Subbase (a3)			0.120
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m2)			1.100
Subbase (m3)			1.100
DATOS DE SALIDA :			
NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	1.54		
NÚMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})	1.26		
NÚMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	0.34		
NÚMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})	-0.07		
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEÓRICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	7.8 cm	5.0 cm	0.81
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	5.9 cm	10.0 cm	0.58
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-1.3 cm	15.0 cm	0.78
ESPESOR TOTAL (cm)		30.0 cm	2.16

Fuente: AASHTO 93, Manual de Diseño de Pavimentos [37]

Los espesores planteados para cada capa del pavimento son:

Tabla 48. Espesores para cada capa de pavimento

PROPUESTA DE DISEÑO	
Capa Pavimento	Espesor
Carpeta Asfáltica	5.0 cm
Base Granular	10.0 cm
Subbase Granular	15.0 cm

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Análisis del diseño final con sistema multicapa

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

$$0.81 + 0.58 + 0.78 \geq 1.54$$

$$2.16 \geq 1.54$$

Si cumple

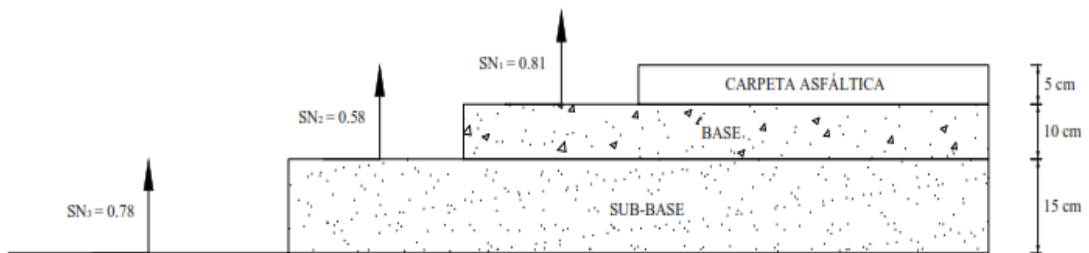


Figura 58. Espesores para cada capa de pavimento

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

3.3.9 Diseño del pavimento mediante el CBR obtenido por la correlación

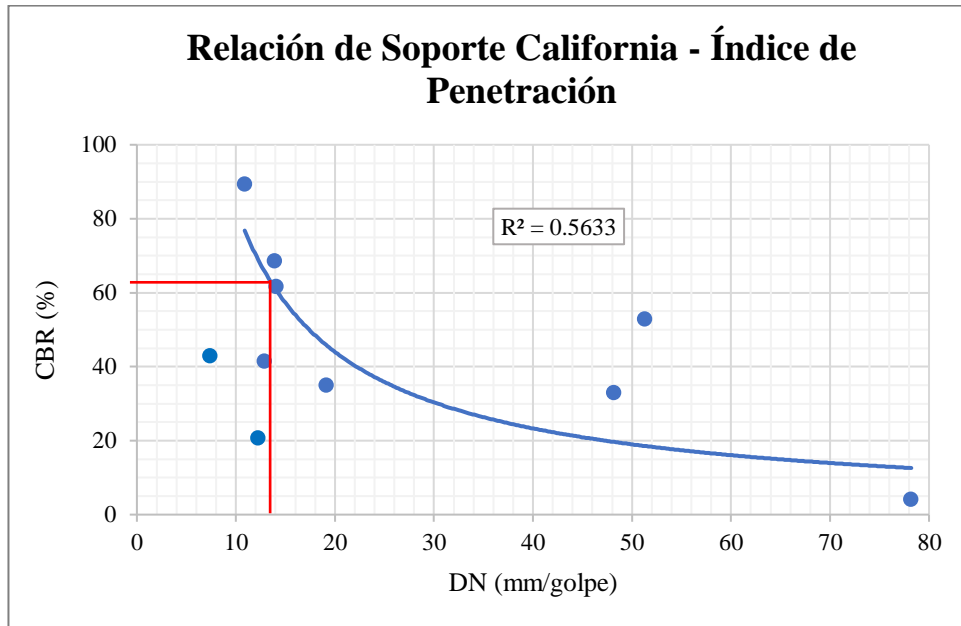


Figura 59. Correlación CBR vs. Índice de penetración

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Mediante el diagrama se determinó el valor de CBR para el índice de penetración de 13.92 mm/golpe perteneciente a Surangay 2, obteniéndose así un CBR de 61.40%.

El módulo de resiliencia de la subrasante cambiará con el nuevo valor de CBR.

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

$$Mr(psi) = 4326 * \ln(61.40) + 241$$

$$Mr(psi) = 18052.91$$

$$Mr = 18.05 \text{ Ksi}$$

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 80 % $Z_r = -0.841$ So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr = 18052.91 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)

Módulo de rotura del concreto - S_c (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

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

Número Estructural
SN =

Figura 60. Cálculo del número estructural, programa AASHTO

Fuente: AASHTO 93, Manual de Diseño de Pavimentos [37]

Tabla 49. Diseño del pavimento mediante CBR correlación

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
DATOS DE ENTRADA :			
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			392.00
B. MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			28.50
C. MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			16.40
2. DATOS DE TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			100 269
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			80%
DESVIACIÓN ESTANDAR NORMAL (Z _r)			-0.841
DESVIACIÓN ESTANDAR GLOBAL (S _o)			0.45
C. MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (M _r , ksi)			18.05
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (p _i)			4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (p _f)			2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)			0.410
Base granular (a ₂)			0.133
Subbase (a ₃)			0.120
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m ₂)			1.100
Subbase (m ₃)			1.100
DATOS DE SALIDA :			
NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	1.54		
NÚMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})	1.26		
NÚMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	0.34		
NÚMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})	-0.07		
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEÓRICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	7.8 cm	5.0 cm	0.81
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	5.9 cm	10.0 cm	0.58
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-1.3 cm	15.0 cm	0.78
ESPESOR TOTAL (cm)		30.0 cm	2.16

Fuente: AASHTO 93, Manual de Diseño de Pavimentos [37]

Los espesores planteados para cada capa del pavimento son:

Tabla 50. Espesores para cada capa de pavimento

PROPUESTA DE DISEÑO	
Capa Pavimento	Espesor
Carpeta Asfáltica	5.0 cm
Base Granular	10.0 cm
Subbase Granular	15.0 cm

Fuente: Carvajal Villacres Lisett Nataly

Análisis del diseño final con sistema multicapa

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

$$0.81 + 0.58 + 0.78 \geq 1.52$$

$$2.16 \geq 1.52$$

Si cumple

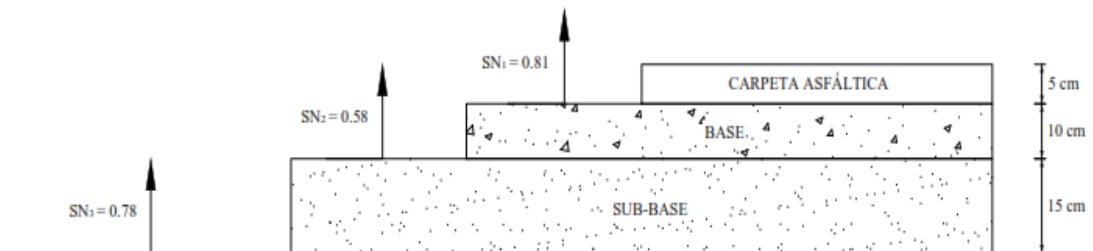


Figura 61. Espesores por capa de pavimento

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

3.3.10 Comparación espesores de pavimento

En la tabla N° se presenta la comparación entre los espesores de pavimento obtenidos mediante el CBR de laboratorio y el CBR estimado por medio de la correlación con el DN.

Tabla 51. Comparación espesores de pavimento

	CBR laboratorio		CBR correlación	
	Teórico	Propuesta	Teórico	Propuesta
Espesor carpeta asfáltica (cm)	7,8	5	7,8	5
Espesor base granular (cm)	5,9	10	5,9	10
Espesor sub base granular (cm)	-1,3	15	-1,3	15
Espesor total (cm)		30		30

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Los valores teórico obtenidos para los espesores de las capas de pavimento no varían significativamente, por lo que se proponen espesores de 15 cm de sub base, 10 cm para la base y finalmente 5 cm de carpeta asfáltica.

3.4 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

3.4.1 Hipótesis Alternativa

Si existe correlación entre el CBR de laboratorio y el DCP, propiedades índice y mecánicas de los suelos de las parroquias Huambaló y Cotaló del cantón Pelileo, provincia de Tungurahua. Dado que los coeficientes de determinación presentados en las tablas 25,26 y 27, son mayores al 50% y estos se consideran como aceptables

3.4.2 Hipótesis Nula

No existen correlación entre el CBR de laboratorio y el DCP, propiedades índice y mecánicas de los suelos de las parroquias Huambaló y Cotaló del cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se realizó la extracción de 12 muestras representativas del suelo existente en las parroquias Huambaló y Cotaló del cantón Pelileo. Estas muestras fueron recogidas de los pozos a cielo abierto ubicados a un costado de las vías.
- Se determinó mediante el análisis de los límites de Atterberg que el límite líquido oscila entre los 17.79% al 27.20%, mientras el índice plástico se encuentra entre el 4.09 al 0.88. Por lo que se concluye que las muestras de suelo tienen una baja plasticidad.
- Se desarrollo el ensayo de análisis granulométrico para las muestras de suelo, obteniéndose que los valores de Grava oscilan entre 3.80% - 13.10%, Arena se encuentran entre 62.28% - 83.79% y el Fino entre 9.27% - 28.14%. por esta razón se concluye que las muestras de suelo esta constituidas en su mayoría por partículas de arena con presencia de finos y poca grava.
- Se determinó mediante la clasificación de la SUCS que los suelos analizados pertenecen en su mayoría a areno-limosos (SM) de baja plasticidad, por otro lado, por medio de la clasificación AASHTO se obtuvo que los suelos son del tipo A-2-4 los cuales son materiales granulares con partículas finas limosas.
- Se determinó como aceptable la correlación entre el CBR y DCP, debido a que su coeficiente de determinación r^2 es de 56%, por medio de esta correlación se puede obtener un valor aproximado del CBR cuando se conozca el valor del índice de penetración.
- Se determinó mediante el ensayo Proctor Modificado que el contenido de humedad óptimo se encuentra entre 10.50% y 16.50%, y los valores de la densidad máxima oscilan entre los 1.544 y 1.846 g/cm³. Se concluye que estos

valores varían dependiendo del tipo de suelo y porcentaje de finos que se encuentren presentes en este.

- Se determinó mediante el ensayo Proctor modificado que el 75 % de los suelos analizados son aptos para actuar como subrasante dado que los valores de grado de compactación oscilan entre el 95.3% al 96.95%, con esto se cumpliría el requerimiento de al menos el 95%.
- Se realizó el ensayo CBR para las muestras de suelos, obteniéndose valores que oscilan entre 4.15% a 89.40%, esto se debe a que se determinó de manera adecuada el contenido de humedad óptimo en el ensayo Proctor y con esto se logró una buena compactación.
- Mediante el ensayo de campo DCP se determinó en índice de penetración (DN) del suelo, obteniéndose valores que oscilan entre 3.72 a 78.21 mm/golpe, por lo que se concluye que el 30% de los suelos estudiados tienen una densidad in-situ mayor.
- Se determinó que la correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas se encuentran dentro del rango de buena y aceptable, dado que sus coeficientes de determinación r^2 están entre el 53% y 92%.
- Se establecieron 25 correlaciones entre el CBR, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de las parroquias Huambaló y Cotaló, obteniéndose coeficientes de determinación r^2 mayores al 50%, por lo que se les clasifica como correlaciones aceptables.
- Se realizó el diseño del pavimento flexible bajo la norma AASHTO, tanto para el CBR obtenido en laboratorio y el obtenido mediante la correlación con DCP, los espesores de la estructura del pavimento tuvieron ligeras diferencias, en sus capas como se puede observar en las tablas N° 31 y 32.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda revisar las normas antes de aplicarlas en los ensayos de campo y de laboratorio, para de esta manera asegurar que los resultados obtenidos sean confiables.
- Se recomienda para el diseño preliminar del pavimento emplear las correlaciones con mayor coeficiente de determinación r^2 , ya que de esta manera obtendremos valores más cercanos a la realidad y se reducirá el tiempo de ejecución de los ensayos.
- Se recomienda realizar las calicatas o pozos a cielo abierto lo más cerca posible de la vía en estudio, para que las propiedades del suelo tengan las características lo más parecidas a las de la vía.
- Se recomienda utilizar las correlaciones descritas en el presente trabajo, únicamente para los tipos de suelo descritos según las normas AASHTO y SUCS.
- Se recomienda determinar de forma correcta el contenido de humedad óptima, por medio del ensayo Proctor modificado, debido a que este dato será utilizado en el ensayo CBR.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. F. Luzón Cañarte y C. A. Moreira Intriago, «La importancia de un estudio de suelo antes de la construcción,» ResearchGate, pp. 3,4, 2018.
- [2] C. Enrique, «Origen formación y constitución del suelo, fisicoquímica de las arcillas,» G. P. Ingenieros, pp. 11-28.
- [3] V. Serment Guerrero, «Pavimentos Rígidos y Flexibles, Ventajas y Desventajas,» ASOCIACIÓN MEXICANA DE INGENIERÍA DE VÍAS TERRESTRE, A. C., 2012.
- [4] A. Frateschi, F. Franco, L. Bollano, A. Degoy y A. Tanco, «APLICACIÓN DEL DCP EN EL CONTROL DE SUBRASANTES Y TERRAPLENES,» ResearchGate, 2001.
- [5] J. S. Tingle y S. R. Jersey, «Evaluation of In Situ Pavement Layers with the Dynamic Cone Penetrometer-DCP,» pp. 1-28, 2007.
- [6] W. Araujo Navarro, «Repositorio Institucional PIRHUA,» Octubre 2014. [En línea]. Available: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2192/ICI_208.pdf?sequence. [Último acceso: Julio 2020].
- [7] J. Muhammed y M. Abdella, «EVALUATION OF SUBGRADE CAPACITY OF JIMMA SOILS USING DCP TEST: A CORRELATION OF CBR AND DCPI,» Malaysian Journal of Civil Engineering, pp. 457-467, 2018.
- [8] P. Mukesh y P. H.S., «Experimental Study to Correlate the Test Results of PBT, UCS and CBR with DCP on various soils in soaked condition,» INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING, vol. 6, pp. 244-284, 2012.
- [9] M. Zumrawi, «Prediction of In-situ CBR of Subgrade Cohesive Soils from Dynamic Cone Penetrometer and Soil Properties,» IACSIT International Journal of Engineering and Technology, vol. 6, n° 5, pp. 439-442, 2014.
- [10] L. Y. Muñoz Avendaño, «Library,» 2018. [En línea]. Available: <https://library.co/document/4yrrxlvy-analisis-capacidad-soporte-arenosos-estabilizados-silicato-adicionado-compactacion.html>.
- [11] W. K. Mak, «Correlación de la relación de soporte de California CBR con las propiedades índice del suelo,» p. 5, 2017.
- [12] Z. Ignacio, «El penetrómetro de Cono Dinámico o DCP,» 2018.

- [13] M. G. Castro Vásquez, L. A. Castro Vásquez y P. G. Castro Vásquez, «Aplicación práctica del método AASHTO-93 para el diseño de pavimento,» Polo del Conocimiento, vol. 5, n° 09, pp. 640-663, 2020.
- [14] C. H. Florez G., F. A. Torres C., F. A. Torres P. y C. A. Peña S., «ESTIMACION DEL VALOR DE CBR USANDO PENETROMETRO DE CONO DINAMICO».
- [15] A. O. Manotoa Santana, «Repositorio UTA,» Julio 2016. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23638/1/Tesis%201037%20-%20Manotoa%20Santana%20Andr%c3%a9s%20Oswaldo.pdf>. [Último acceso: Junio 2020].
- [16] F. J. Wilches, J. J. Feria Díaz y J. R. Hernandez Ávila, «Correlation between California Bearing Ratio (CBR) and Dynamic Cone Penetrometer (DCP) for soil from Sincelejo city in Colombia,» International Journal of Applied Engineering Research, vol. 13, n° 4, pp. 2068-2071, 2018.
- [17] G. Duque Escobar y C. E. Escobar Potes, MECÁNICA DE LOS SUELOS, Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2002.
- [18] K. Terzaghi, THEORETICAL SOIL MECHANICS, Londres, 1943.
- [19] J. E. Bowles, Manual de LABORATORIO DE SUELOS de Ingeniería Civil, México: McGRAW-HILL, 1981.
- [20] A. Verruijt, «Delf University of Technology,» 2001. [En línea]. Available: <https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/SoilMechBook.pdf>. [Último acceso: Agosto 2020].
- [21] J. Ricaldoni, «Ind. Civil FREE,» Marzo 2008. [En línea]. Available: <https://civilfree.blogspot.com/2017/10/tablas-y-abacos-para-suelos-prof-julio.html>. [Último acceso: Julio 2020].
- [22] M. d. T. e. Infraestructura, «library,» 3 Octubre 2008. [En línea]. Available: <https://snavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-para-revision-estudios-geotecnicos.pdf>. [Último acceso: Septiembre 2020].
- [23] J. J. Márquez, «civilgeeks,» Mayo 2006. [En línea]. Available: https://www.google.com/search?q=mEC%C3%81NICA+DE+SUELOS+Y+E+STUDIOS+GEOT%C3%89CNICOS+EN+OBRAS+DE+INGENIER%C3%8DA+josejavier+marquez&rlz=1C1CHZN_esEC958EC958&sxsrf=ALeKk00zVMgb0p18FG9ppdTfMMh3QhC4Dw%3A1624765763852&ei=Q_XXYO6-M6LhxgGHgJTYBw&oq=mEC%C3%81NICA. [Último acceso: Agosto 2020].

- [24] W. Lambe y R. Whitman, MECÁNICA DE SUELO, México: EDITORIAL LIMUSA S.A., 2004.
- [25] J. Pérez Valcárcel, «Departamento de tecnología de la construcción,» [En línea]. Available: <https://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC/Profesores/valcarcel/MaterMRHE-0809/1a-Mecanica%20Suelo.pdf>.
- [26] E. Juárez Badillo y A. Rico Rodríguez, Mecánica de SUELOS TOMO I, México: EDITORIAL LIMUSA, 1973.
- [27] R. Llique Mondragón y A. Guerrero Padilla, «Influencia de la humedad de compactación en el comportamiento volumétrico de los suelos arcillosos,» Ciencia y Tecnología, nº 4, pp. 9-21, 2014.
- [28] U. J. M. Saracho, «docplayer,» 2018. [En línea]. Available: <https://docplayer.es/200369890-Universidad-autonoma-juan-misael-saracho.html>. [Último acceso: Agosto 2020].
- [29] J. Chacón Montero, C. Irigaray Fernández, F. Lamas Fernández y R. El Hamdouni Jenoui, «MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS: Prácticas y Ensayos,» Researchgate, 2004.
- [30] P. Sagués, «Propiedades de los suelos compactados».
- [31] F. Viscarra Agreda, «EL CONO DINÁMICO DE PENETRACIÓN Y SU APLICACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE SUELOS,» 2006.
- [32] S. Angelone, J. Tosticarelli y F. Martinez, «Academia,» 1994. [En línea]. Available: https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/290517/mod_folder/content/0/05%20Aplicaci%C3%B3n%20del%20DCP%20en%20obras%20Viales.PDF?forcedownload=1.
- [33] M. Carter y S. P. Bentley, Soil Properties and their Correlations, John Wiley and Sons Ltd., 2016.
- [34] J. J. Sanz Llano, MECÁNICA DE SUELOS, Barcelona: EDITIONS EYROLLER, 1975.
- [35] J. Camacho Fuentes, «docplayer,» 2016. [En línea]. Available: <https://docplayer.es/10058484-3-4-determinacion-de-la-capacidad-de-soporte-cbr-del-suelo.html>. [Último acceso: Octubre 2020].
- [36] M. A. Tapia García, Pavimentos, México.
- [37] O. Cordo, DISEÑO DE PAVIMENTOS (AASHTO-93), La Paz, 2006.

- [38] UMSS Facultad de Ciencias y Tecnologías, MANUAL COMPLETO DISEÑO DE PAVIMENTOS.
- [39] G. E. Bonett Solano, GUÍA DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE UNA VIA EN PAVIMENTO FLEXIBLE, Bogotá, 2014.
- [40] C. Batanero, M. Gea, M. d. M. López Martín y P. Arteaga, «ANÁLISIS DE LOS CONCEPTOS ASOCIADOS A LA CORRELACIÓN Y REGRESIÓN EN LOS TEXTOS DE BACHILLERATO,» DIDACTICAE, 2015.
- [41] M. Gea, C. Batanero y R. Roa, «El sentido de la correlación y regresión,» NÚMEROS, vol. 87, pp. 25-35, 2014.
- [42] M. Spiegel y L. J. Stephens, Estadística, México: The McGraw-Hill Companies, 2009.
- [43] T. d. Pelileo, «Pelileo,» 24 Febrero 2016. [En línea]. Available: <http://turismopelileo09.blogspot.com/2016/02/parroquia-huambalo.html>. [Último acceso: Diciembre 2020].
- [44] V. A. Pozo Ramos, «Repositorio PUCE,» 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14459/PROPUESTA%20DE%20REUBICACION%20DE%20ASENTAMIENTOS%20HUMANOS%20LOCALIZADOS%20EN%20ZONAS%20DE%20RIESGO.%20CASO%20DE%20ESTUDIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: Diciembre 2020].
- [45] H. F. Torres Merino, J. A. Catillo 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,» Gaceta Técnica, vol. 21, n° 1, pp. 27-43, 2020.

ANEXOS

A. TABLAS DE RESULTADOS

Tabla 52. Ensayo Límite Líquido #1



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

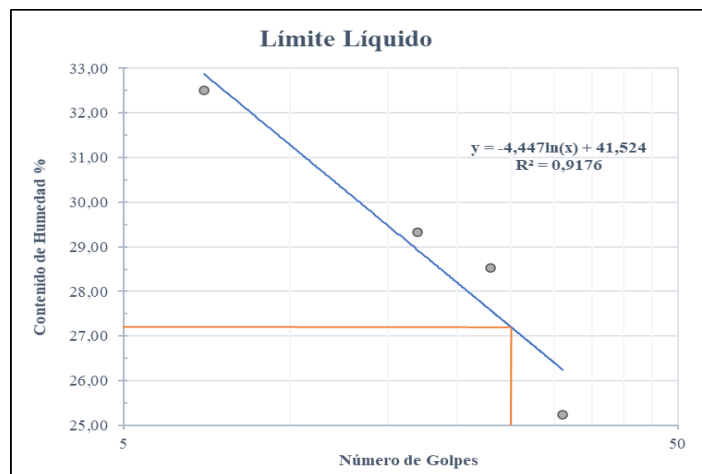


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: Surangay
 Normas: AASHTO T 89 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 775556
 Y: 9844861

Límite Líquido (Copa Casagrande)								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm+ Rec	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
C9	23	51,70	46,00	30,00	5,70	16,00	35,63	28,53
C11		56,40	52,80	36,00	3,60	16,80	21,43	
C12	17	53,30	49,60	36,00	3,70	13,60	27,21	29,34
C13		55,80	51,30	37,00	4,50	14,30	31,47	
C10	31	53,60	48,10	30,00	5,50	18,10	30,39	25,25
C14		57,50	53,90	36,00	3,60	17,90	20,11	
C15	7	57,30	51,50	36,00	5,80	15,50	37,42	32,51
C17		56,80	52,30	36,00	4,50	16,30	27,61	

Número de Golpes	25
Límite Líquido LL%	27,2



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 53. Ensayo Límite Líquido #2



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

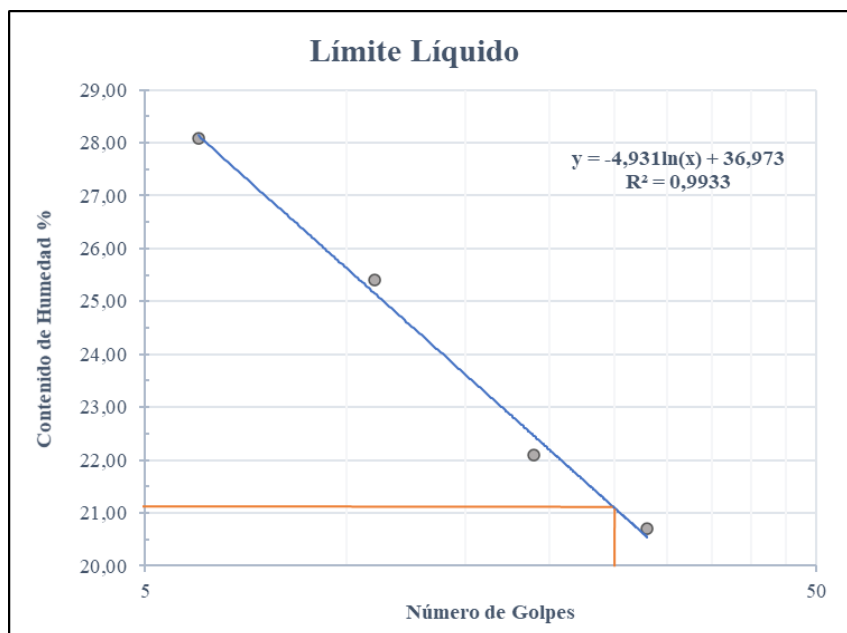


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: Surangay
 Normas: AASHTO T 89 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 775555
 Y: 9844859

Límite Líquido (Copa Casagrande)								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm+ Rec	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
CL2	28	54,00	49,40	33,00	4,60	16,40	28,05	20,71
C15		55,50	53,20	36,00	2,30	17,20	13,37	
SR9	19	23,30	20,40	6,00	2,90	14,40	20,14	22,10
SR10		22,50	19,30	6,00	3,20	13,30	24,06	
M1	11	58,30	54,70	37,00	3,60	17,70	20,34	25,40
M2		55,70	51,10	36,00	4,60	15,10	30,46	
S6	6	27,70	23,70	6,00	4,00	17,70	22,60	28,08
LP10		26,30	21,20	6,00	5,10	15,20	33,55	

Número de Golpes	25
Límite Líquido LL%	21,1



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 54. Ensayo Límite Líquido #3



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

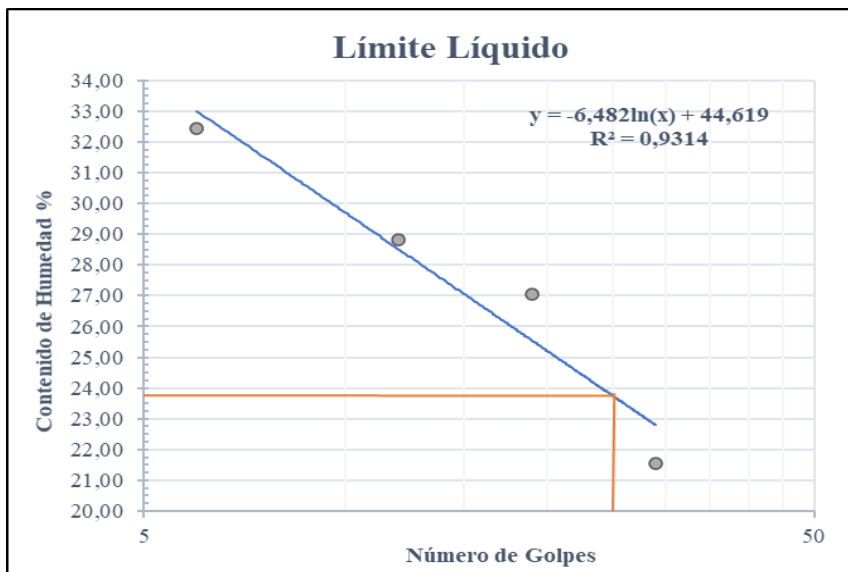


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: San Francisco de Asís
 Normas: AASHTO T 89 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776163
 Y: 9845992

Límite Líquido (Copa Casagrande)								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm+ Rec	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
C1	12	56,80	52,10	38,00	4,70	14,10	33,33	28,83
C2		59,00	54,50	36,00	4,50	18,50	24,32	
C3	19	54,50	50,90	35,00	3,60	15,90	22,64	27,04
C4		54,40	50,00	36,00	4,40	14,00	31,43	
C5	29	61,70	56,30	35,00	5,40	21,30	25,35	21,55
C6		60,20	56,40	35,00	3,80	21,40	17,76	
C7	6	58,20	53,00	35,00	5,20	18,00	28,89	32,42
C8		57,60	50,30	30,00	7,30	20,30	35,96	

Número de Golpes	25
Límite Líquido LL%	23,75



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 55. Ensayo Límite Líquido # 4



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

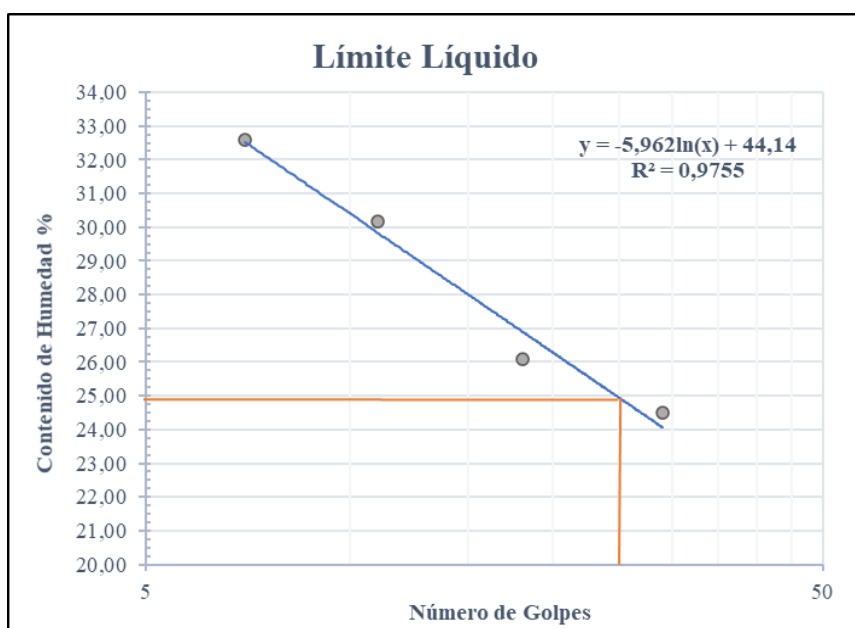


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: San Francisco de Asís
 Normas: AASHTO T 89 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 776163
 Y: 9845992

Límite Líquido (Copa Casagrande)								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm+ Rec	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
SR1	7	23,80	19,50	6,00	4,30	13,50	31,85	32,59
SR2		23,60	19,20	6,00	4,40	13,20	33,33	
SR3	18	23,40	19,60	6,00	3,80	13,60	27,94	26,07
SR4		25,50	21,70	6,00	3,80	15,70	24,20	
SR5	11	26,00	21,20	6,00	4,80	15,20	31,58	30,17
SR6		24,80	20,60	6,00	4,20	14,60	28,77	
SR7	29	27,30	23,30	6,00	4,00	17,30	23,12	24,51
SR8		26,90	22,60	6,00	4,30	16,60	25,90	

Número de Golpes	25
Límite Líquido LL%	24,9



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 56. Ensayo Límite Líquido # 5



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

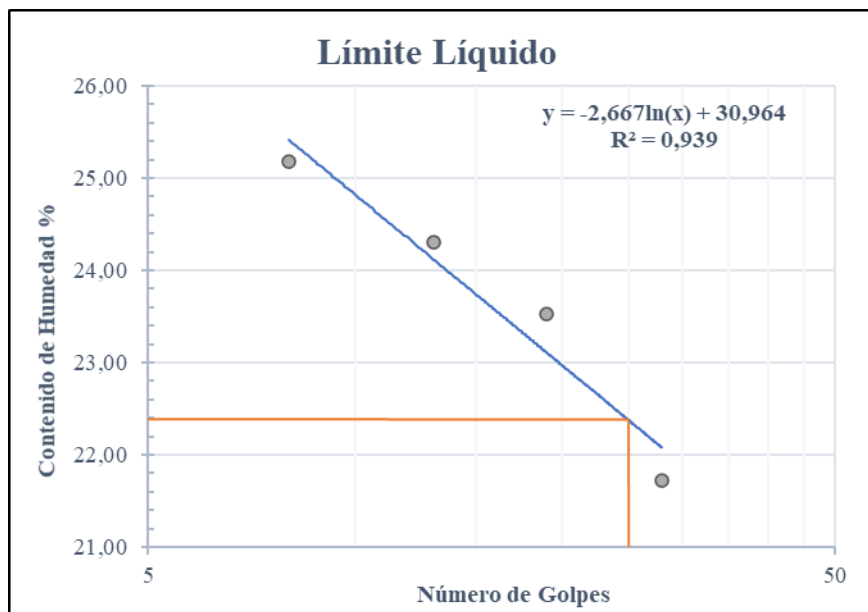


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: La Florida
 Normas: AASHTO T 89 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776109
 Y: 9848469

Límite Líquido (Copa Casagrande)								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm+ Rec	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
20	8	38,20	32,70	9,00	5,50	23,70	23,21	25,17
20		35,70	30,00	9,00	5,70	21,00	27,14	
L2	28	37,20	32,60	12,00	4,60	20,60	22,33	21,72
L22		36,10	31,90	12,00	4,20	19,90	21,11	
L3	19	34,70	30,50	12,00	4,20	18,50	22,70	23,53
L20		36,00	31,30	12,00	4,70	19,30	24,35	
L1	13	36,20	31,20	12,00	5,00	19,20	26,04	24,31
24		32,80	28,60	10,00	4,20	18,60	22,58	

Número de Golpes	25
Límite Líquido LL%	22,38



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 57. Ensayo Límite Líquido # 6



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

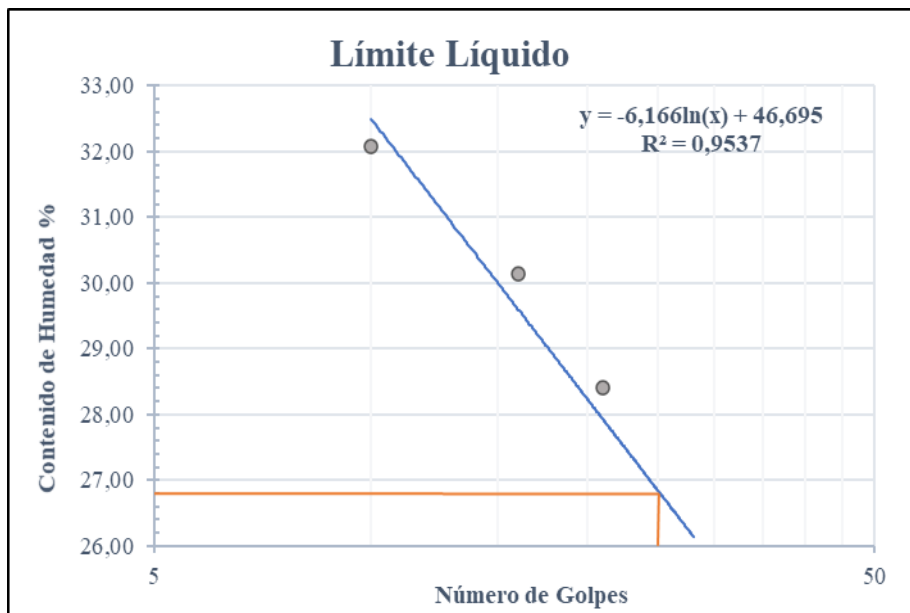


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: La Florida
 Normas: AASHTO T 89 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 775673
 Y: 9848597

Límite Líquido (Copa Casagrande)								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm+ Rec	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
LP1	21	28,60	23,20	7,00	5,40	16,20	33,33	28,41
LP2		26,50	22,60	6,00	3,90	16,60	23,49	
LP3	16	23,90	19,30	6,00	4,60	13,30	34,59	30,13
LP4		24,60	20,80	6,00	3,80	14,80	25,68	
LP5	10	25,70	20,90	6,00	4,80	14,90	32,21	32,07
LP6		27,90	22,60	6,00	5,30	16,60	31,93	
LP8	28	29,20	24,60	6,00	4,60	18,60	24,73	25,55
LP9		29,00	24,20	6,00	4,80	18,20	26,37	

Número de Golpes	25
Límite Líquido LL%	26,85



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 58. Ensayo Límite Líquido # 7



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

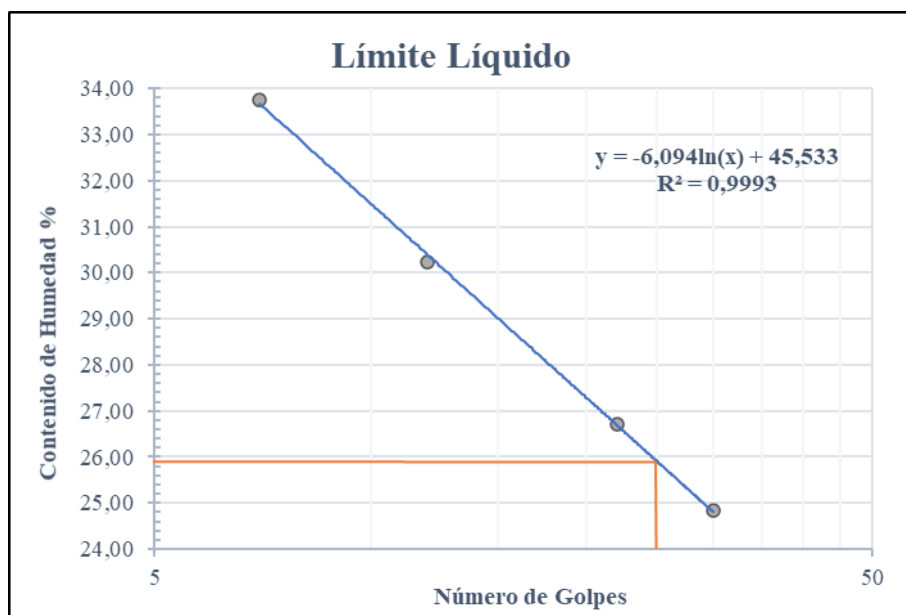


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Perezpamba
 Normas: AASHTO T 89 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 778080
 Y: 9843652

Límite Líquido (Copa Casagrande)								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm+ Rec	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
AP1	7	35,90	29,30	10,00	6,60	19,30	34,20	33,77
AP2		32,80	27,10	10,00	5,70	17,10	33,33	
AP3	12	29,40	25,10	10,00	4,30	15,10	28,48	30,24
AP4		29,80	25,00	10,00	4,80	15,00	32,00	
AP5	22	25,50	22,80	10,00	2,70	12,80	21,09	26,71
AP6		27,60	23,30	10,00	4,30	13,30	32,33	
AP7	30	33,50	28,20	10,00	5,30	18,20	29,12	24,85
AP8		35,20	30,90	10,00	4,30	20,90	20,57	

Número de Golpes	25
Límite Líquido LL%	25,92



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 59. Ensayo Límite Líquido # 8



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

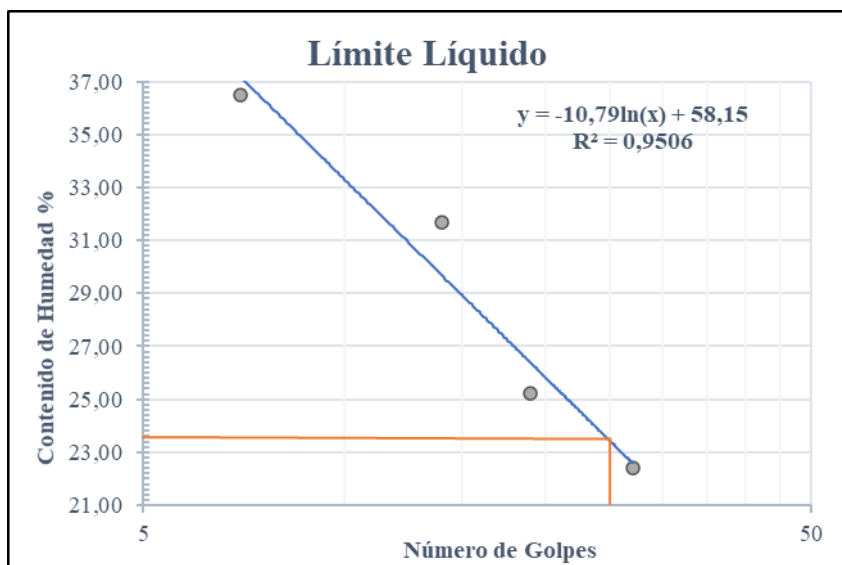


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Perezpamba
 Normas: AASHTO T 89 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 778482
 Y: 9843335

Límite Líquido (Copa Casagrande)								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm+ Rec	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
AP9	7	32,30	26,10	10,00	6,20	16,10	38,51	36,48
AP10		34,20	28,00	10,00	6,20	18,00	34,44	
AP11	14	34,00	28,40	10,00	5,60	18,40	30,43	31,70
L21		36,20	30,20	12,00	6,00	18,20	32,97	
L19	19	36,40	31,80	12,00	4,60	19,80	23,23	25,21
L23		36,80	31,50	12,00	5,30	19,50	27,18	
1LL	27	44,40	39,90	22,00	4,50	17,90	25,14	22,42
2LL		46,30	42,30	22,00	4,00	20,30	19,70	

Número de Golpes	25
Límite Líquido LL%	23,42



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 60. Ensayo Límite Líquido # 9



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

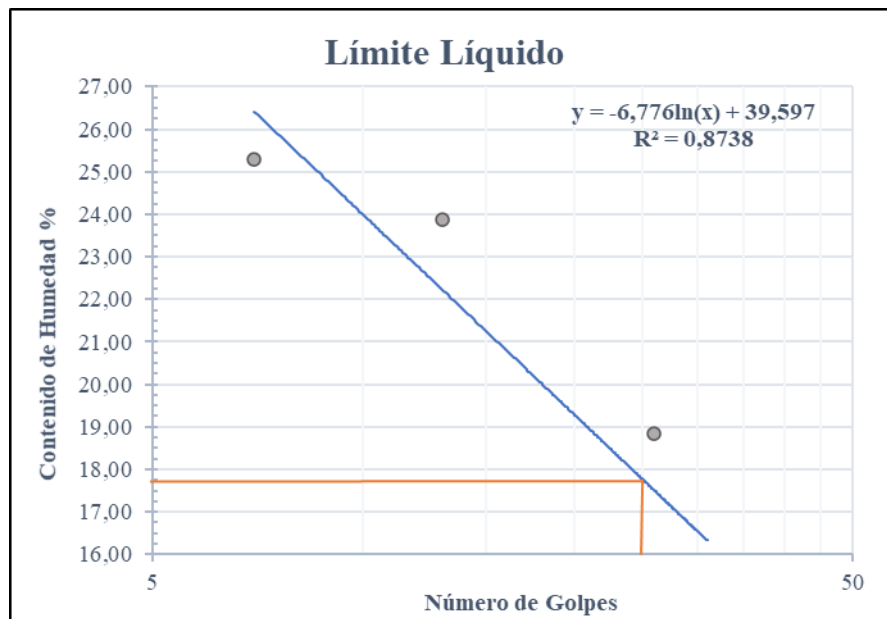


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: San Andrés de Pillate
 Normas: AASHTO T 89 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776266
 Y: 98439213

Límite Líquido (Copa Casagrande)								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm+ Rec	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
3LL	7	42,90	38,40	21,00	4,50	17,40	25,86	25,28
4LL		42,70	38,60	22,00	4,10	16,60	24,70	
1	26	33,50	29,10	9,00	4,40	20,10	21,89	18,84
4		33,20	29,90	9,00	3,30	20,90	15,79	
5	13	29,70	25,60	9,00	4,10	16,60	24,70	23,89
6		32,40	28,20	10,00	4,20	18,20	23,08	
7	31	28,20	25,70	10,00	2,50	15,70	15,92	14,47
9		29,10	26,90	10,00	2,20	16,90	13,02	

Número de Golpes	25
Límite Líquido LL%	17,79



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 61. Ensayo Límite Líquido # 10



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

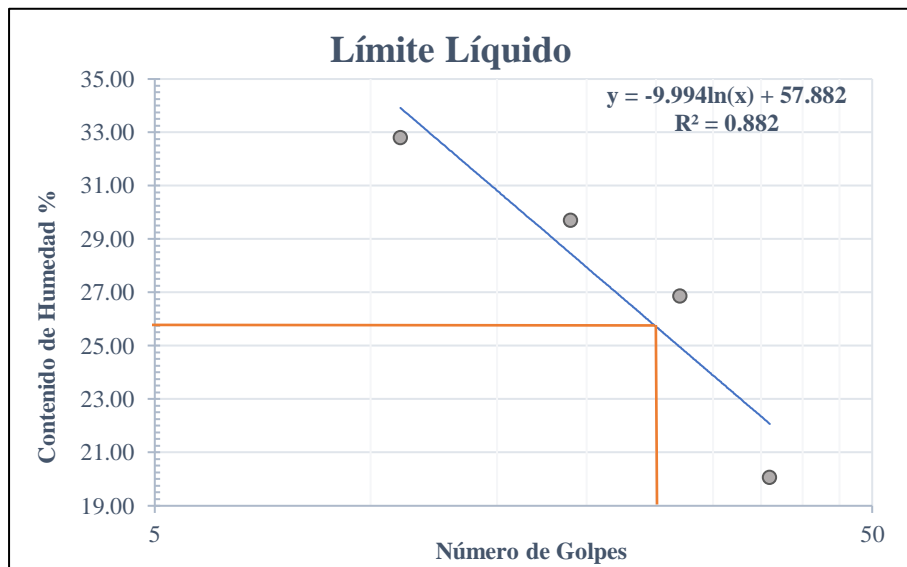


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: San Andrés de Pillate
 Normas: AASHTO T 89 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 776206
 Y: 9839304

Límite Líquido (Copa Casagrande)								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm+ Rec	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
11	11	28.80	24.00	9.00	4.80	15.00	32.00	32.79
13		26.90	22.40	9.00	4.50	13.40	33.58	
14	27	31.30	26.80	9.00	4.50	17.80	25.28	26.84
15		31.60	26.60	9.00	5.00	17.60	28.41	
16	19	30.50	25.00	9.00	5.50	16.00	34.38	29.69
17		28.50	24.80	10.00	3.70	14.80	25.00	
18	36	26.10	23.90	9.00	2.20	14.90	14.77	20.06
19		27.80	24.20	10.00	3.60	14.20	25.35	

Número de Golpes	25
Límite Líquido LL%	25.71



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 62. Ensayo Límite Líquido # 11



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

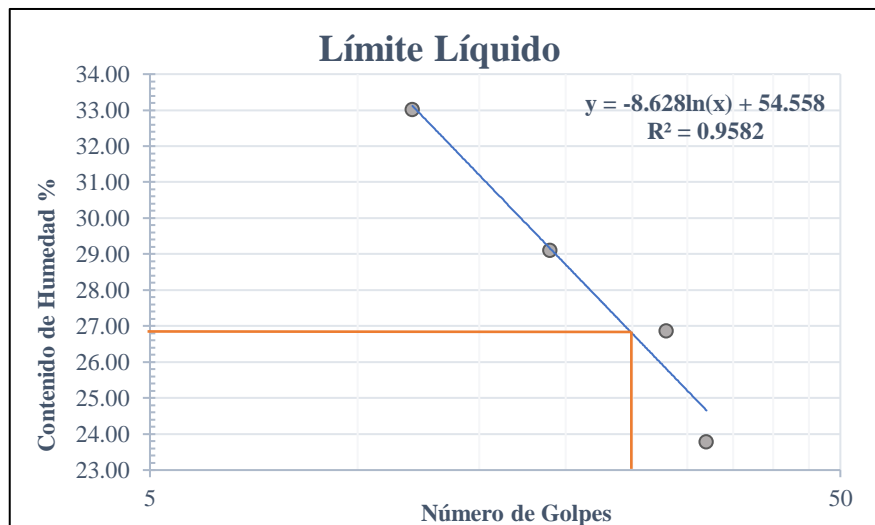


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Chanchaloma
 Normas: AASHTO T 89 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 778305
 Y: 9844955

Límite Líquido (Copa Casagrande)								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm+ Rec	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
SR5	19	28.20	23.40	6.00	4.80	17.40	27.59	29.09
S6		29.90	24.30	6.00	5.60	18.30	30.60	
S3	32	21.40	18.20	6.00	3.20	12.20	26.23	23.78
S4		22.50	19.60	6.00	2.90	13.60	21.32	
LP8	12	24.90	20.30	6.00	4.60	14.30	32.17	33.01
LP9		23.40	19.00	6.00	4.40	13.00	33.85	
SR10	28	20.60	17.20	6.00	3.40	11.20	30.36	26.86
LP10		22.90	19.70	6.00	3.20	13.70	23.36	

Número de Golpes	25
Límite Líquido LL%	26.79



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 63. Ensayo Límite Líquido # 12



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

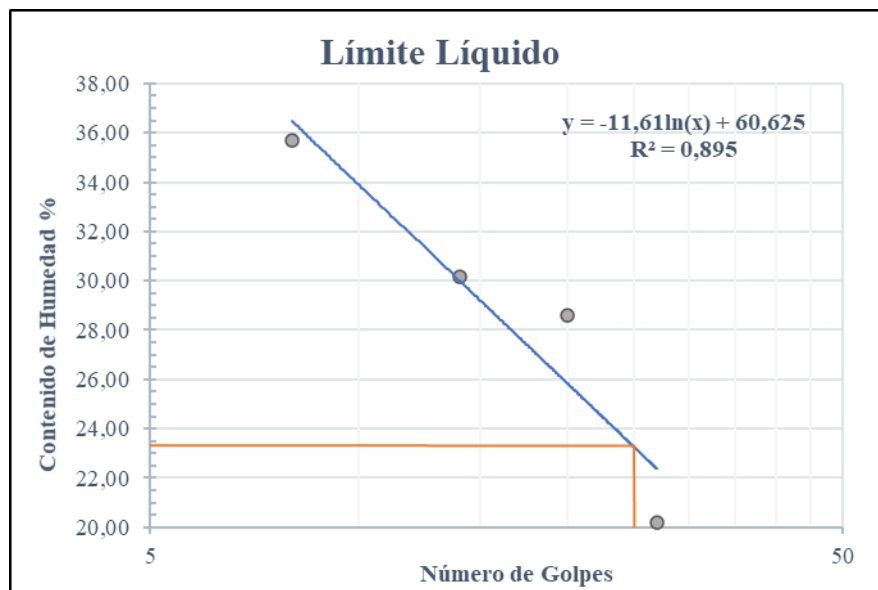


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Chanchaloma
 Normas: AASHTO T 89 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 777967
 Y: 9844885

Límite Líquido (Copa Casagrande)								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm+ Rec	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
LP1	14	22,00	17,90	6,00	4,10	11,90	34,45	30,14
LP2		21,10	18,00	6,00	3,10	12,00	25,83	
LP3	8	21,60	16,90	6,00	4,70	10,90	43,12	35,72
LP4		20,50	17,30	6,00	3,20	11,30	28,32	
LP5	20	17,40	15,20	6,00	2,20	9,20	23,91	28,62
LP6		17,20	14,40	6,00	2,80	8,40	33,33	
SR2	27	21,40	18,10	6,00	3,30	12,10	27,27	20,21
SR7		21,50	19,70	6,00	1,80	13,70	13,14	

Número de Golpes	25
Límite Líquido LL%	23,25



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 64. Ensayo Límite Plástico # 1



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: Surangay
 Norma: AASHTO T 90 2016

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 775556
 Y: 9844861

Límite Plástico (LP)							
Recipiente N°	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
17	11,70	11,50	10,90	0,20	0,60	33,33	23,11
O5	11,80	11,70	10,70	0,10	1,00	10,00	
73	11,40	11,20	10,60	0,20	0,60	33,33	
2	11,60	11,40	10,50	0,20	0,90	22,22	
104	11,40	11,30	10,70	0,10	0,60	16,67	

Límite líquido LL%	27,2
Límite plástico LP%	23,11
Índice de plasticidad Ip%	4,09

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 65.Ensayo Límite Plástico # 2



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Surangay
 Norma: AASHTO T 90 2016

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 775705
 Y: 9844294

Límite Plástico (LP)							
Recipiente N°	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
11	6,60	6,40	5,70	0,20	0,70	28,57	19,33
33	6,50	6,30	5,40	0,20	0,90	22,22	
71	6,70	6,60	6,00	0,10	0,60	16,67	
64	6,40	6,30	5,50	0,10	0,80	12,50	
74	11,40	11,30	10,70	0,10	0,60	16,67	

Límite líquido LL%	21,1
Límite plástico LP%	19,33
Índice de plasticidad Ip%	1,77

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 66.Ensayo Límite Plástico # 3



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: San Francisco de Asís
 Norma: AASHTO T 90 2016

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776163
 Y: 9845992

Límite Plástico (LP)							
Recipiente N°	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
55	6,60	6,30	4,90	0,30	1,40	21,43	22,79
1AT	4,70	4,50	3,80	0,20	0,70	28,57	
58	6,40	6,20	5,20	0,20	1,00	20,00	
3	4,80	4,60	3,90	0,20	0,70	28,57	
791	6,20	6,00	4,70	0,20	1,30	15,38	

Límite líquido LL%	23,75
Límite plástico LP%	22,79
Índice de plasticidad Ip%	0,96

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 67.Ensayo Límite Plástico # 4



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: San Francisco de Asís
 Norma: AASHTO T 90 2016

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 776762
 Y: 9845606

Límite Plástico (LP)							
Recipiente N°	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
60	6,40	6,20	5,70	0,20	0,50	40,00	22,21
20	6,40	6,30	4,90	0,10	1,40	7,14	
24	6,90	6,70	5,80	0,20	0,90	22,22	
115	6,60	6,50	5,90	0,10	0,60	16,67	
18A	6,60	6,50	6,10	0,10	0,40	25,00	

Límite líquido LL%	24,90
Límite plástico LP%	22,21
Índice de plasticidad Ip%	2,69

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 68.Ensayo Límite Plástico # 5



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: La Florida
 Norma: AASHTO T 90 2016

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776109
 Y: 9848469

Límite Plástico (LP)							
Recipiente N°	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
12	11,10	11,00	10,70	0,10	0,30	33,33	21,50
P4	11,40	11,30	10,70	0,10	0,60	16,67	
76	11,10	11,00	10,50	0,10	0,50	20,00	
202	11,60	11,50	10,70	0,10	0,80	12,50	
5	10,80	10,70	10,30	0,10	0,40	25,00	

Límite líquido LL%	22,38
Límite plástico LP%	21,50
Índice de plasticidad Ip%	0,88

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 69.Ensayo Límite Plástico # 6



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: La Florida
 Norma: AASHTO T 90 2016

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 775673
 Y: 9848597

Límite Plástico (LP)							
Recipiente N°	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
201	11,40	11,20	9,60	0,20	1,60	12,50	25,55
3	11,90	11,50	10,00	0,40	1,50	26,67	
16	8,20	8,00	7,00	0,20	1,00	20,00	
7	7,80	7,60	7,10	0,20	0,50	40,00	
22	7,90	7,70	7,00	0,20	0,70	28,57	

Límite líquido LL%	26,85
Límite plástico LP%	25,55
Índice de plasticidad Ip%	1,30

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 70.Ensayo Límite Plástico # 7



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Perezpamba
 Norma: AASHTO T 90 2016

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 778080
 Y: 9843652

Límite Plástico (LP)							
Recipiente N°	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
43	7,40	7,10	5,90	0,30	1,20	25,00	24,84
36	6,90	6,70	5,80	0,20	0,90	22,22	
57	6,70	6,50	5,90	0,20	0,60	33,33	
39	7,00	6,80	5,90	0,20	0,90	22,22	
9LA	7,60	7,30	5,90	0,30	1,40	21,43	

Límite líquido LL%	25,92
Límite plástico LP%	24,84
Índice de plasticidad Ip%	1,08

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 71.Ensayo Límite Plástico # 8



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Perezpamba
 Norma: AASHTO T 90 2016

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 778482
 Y: 9843335

Límite Plástico (LP)							
Recipiente N°	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
3A	11,30	11,20	10,80	0,10	0,40	25,00	22,02
18	11,60	11,50	10,80	0,10	0,70	14,29	
202	11,30	11,20	10,80	0,10	0,40	25,00	
P1	11,40	11,20	10,60	0,20	0,60	33,33	
3E	11,50	11,40	10,60	0,10	0,80	12,50	

Límite líquido LL%	23,42
Límite plástico LP%	22,02
Índice de plasticidad Ip%	1,40

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 72.Ensayo Límite Plástico # 9



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: San Andrés de Pillate
 Norma: AASHTO T 90 2016

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776266
 Y: 9839213

Límite Plástico (LP)							
Recipiente N°	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
8	8,60	8,40	7,00	0,20	1,40	14,29	16,50
35	7,60	7,30	5,80	0,30	1,50	20,00	
51	7,10	6,90	5,50	0,20	1,40	14,29	
P6	11,80	11,60	10,00	0,20	1,60	12,50	
111	12,00	11,70	10,30	0,30	1,40	21,43	

Límite líquido LL%	17,79
Límite plástico LP%	16,50
Índice de plasticidad Ip%	1,29

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 73.Ensayo Límite Plástico # 10



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: San Andrés de Pillate
 Norma: AASHTO T 90 2016

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 776206
 Y: 9839304

Límite Plástico (LP)							
Recipiente N°	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
3B1	11,60	11,40	10,70	0,20	0,70	28,57	23,29
11	11,40	11,30	10,80	0,10	0,50	20,00	
80	11,90	11,70	10,90	0,20	0,80	25,00	
3	11,60	11,50	10,80	0,10	0,70	14,29	
P3	11,80	11,60	10,90	0,20	0,70	28,57	

Límite líquido LL%	25,71
Límite plástico LP%	23,29
Índice de plasticidad Ip%	2,42

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 74.Ensayo Límite Plástico # 11



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Chanchaloma
 Norma: AASHTO T 90 2016

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 778305
 Y: 9844955

Límite Plástico (LP)							
Recipiente N°	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
200	11,60	11,40	10,60	0,20	0,80	25,00	25,71
10P	12,30	11,90	10,50	0,40	1,40	28,57	
1	11,50	11,30	10,70	0,20	0,60	33,33	
6E	12,00	11,80	10,60	0,20	1,20	16,67	
3B	12,50	12,10	10,50	0,40	1,60	25,00	

Límite líquido LL%	26,79
Límite plástico LP%	25,71
Índice de plasticidad Ip%	1,08

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 75.Ensayo Límite Plástico # 12



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Chanchaloma
 Norma: AASHTO T 90 2016

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 777967
 Y: 9844885

Límite Plástico (LP)							
Recipiente N°	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Sec+Rec	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W %	Prom. W%
10	6,50	6,40	5,70	0,10	0,70	14,29	22,05
65	6,50	6,30	5,80	0,20	0,50	40,00	
7A	6,50	6,40	5,80	0,10	0,60	16,67	
32	5,70	5,60	4,90	0,10	0,70	14,29	
44	6,40	6,30	5,90	0,10	0,40	25,00	

Límite líquido LL%	23,25
Límite plástico LP%	22,05
Índice de plasticidad Ip%	1,20

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 76. Ensayo Densidad de Campo # 1



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: Surangay
 Normas: AASHTO T 191 2014

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 775556
 Y: 9844861

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa				
Peso de la masa de suelo + funda (g)				1145
Peso de la funda (g)				3.7
Peso de la masa de suelo (g)				1141.3
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa				
Peso inicial frasco + cono + arena (g)				4476
Peso final frasco + cono + arena (g)				3238
Peso arena en el cono (Calibración del cono)				355.3
Peso arena en la perforación				882.7
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración arena)				1.545
Volumen de la perforación				571.47
3. Determinación del Contenido de Humedad				
Recipiente número		SR6	LP10	T2
Peso húmedo + recipiente (g)		70.90	72.60	74.90
Peso seco + recipiente (g)		62.30	63.60	66.70
Peso recipiente (g)		5.80	5.80	9.50
Peso del agua (g)		8.60	9.00	8.20
Peso de los sólidos (g)		56.50	57.80	57.20
Contenido de humedad (%)		15.22	15.57	14.34
Contenido de humedad promedio (%)		15.04		
4. Determinación de las Fases del Suelo				
			cm3	g
	Volumen de vacíos	$V_v =$	11.64	$W_v =$
		$V_a =$	2.64	$W_a =$
		$V_w =$	9.00	$W_w =$
		$V_s =$	21.81	$W_s =$
		$V_m =$	33.45	$W_m =$
				66.80
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo				
Peso volumétrico del suelo (g/cm ³)		γ_m	1.997	
Densidad seca (g/cm ³)		γ_d	1.736	
Contenido de humedad (%)		w %	15.043%	
Relación de vacíos		$e = V_v/V_s$	0.534	
Porosidad (%)		$n = (V_v/V_m) * 100$	34.790	
Grado de saturación de agua (%)		$G_w = (V_w/V_v) * 100$	77.343	
Grado de saturación de aire (%)		$G_a = (V_a/V_v) * 100$	22.657	

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 77. Ensayo Densidad de Campo # 2



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: Surangay
 Normas: AASHTO T 191 2014

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 775705
 Y: 9844294

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa				
Peso de la masa de suelo + funda (g)	1050			
Peso de la funda (g)	3.7			
Peso de la masa de suelo (g)	1046.3			
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa				
Peso inicial frasco + cono + arena (g)	4472			
Peso final frasco + cono + arena (g)	3283			
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	355.3			
Peso arena en la perforación	833.7			
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración arena)	1.545			
Volumen de la perforación	539.74			
3. Determinación del Contenido de Humedad				
Recipiente número	LP1	SR7	S4	
Peso húmedo + recipiente (g)	66.80	63.40	65.00	
Peso seco + recipiente (g)	55.10	52.80	54.30	
Peso recipiente (g)	5.80	5.80	5.70	
Peso del agua (g)	11.70	10.60	10.70	
Peso de los sólidos (g)	49.30	47.00	48.60	
Contenido de humedad (%)	23.73	22.55	22.02	
Contenido de humedad promedio (%)	22.77			
4. Determinación de las Fases del Suelo				
		cm3		g
Volumen de vacíos	V _v =	11.98	W _v =	-
	V _a =	1.38	W _a =	0.00
	V _w =	10.60	W _w =	10.60
	V _s =	17.74	W _s =	47.00
	V _m =	29.71	W _m =	57.60
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo				
Peso volumétrico del suelo (g/cm ³)	Y _m	1.939		
Densidad seca (g/cm ³)	Y _d	1.579		
Contenido de humedad (%)	w %	22.767%		
Relación de vacíos	e = V _v /V _s	0.675		
Porosidad (%)	n% = (V _v /V _m)*100	40.310		
Grado de saturación de agua (%)	G _w % = (V _w /V _v)*100	88.498		
Grado de saturación de aire (%)	G _a % = (V _a /V _v)*100	11.502		

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 78. Ensayo Densidad de Campo # 3



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: San Francisco de Asís
 Normas: AASHTO T 191 2014

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776163
 Y: 9845992

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa				
Peso de la masa de suelo + funda (g)				1437
Peso de la funda (g)				3.7
Peso de la masa de suelo (g)				1433.3
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa				
Peso inicial frasco + cono + arena (g)				4470
Peso final frasco + cono + arena (g)				3155
Peso arena en el cono (Calibración del cono)				355.3
Peso arena en la perforación				959.7
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración arena)				1.545
Volumen de la perforación				621.32
3. Determinación del Contenido de Humedad				
Recipiente número	LP2	SR5	S3	
Peso húmedo + recipiente (g)	70.90	72.10	74.90	
Peso seco + recipiente (g)	65.30	66.50	68.70	
Peso recipiente (g)	5.90	5.90	5.80	
Peso del agua (g)	5.60	5.60	6.20	
Peso de los sólidos (g)	59.40	60.60	62.90	
Contenido de humedad (%)	9.43	9.24	9.86	
Contenido de humedad promedio (%)				9.51
4. Determinación de las Fases del Suelo				
		cm3		g
Volumen de vacíos	$V_v =$	5.83	$W_v =$	-
	$V_a =$	0.23	$W_a =$	0.00
	$V_w =$	5.60	$W_w =$	5.60
	$V_s =$	22.87	$W_s =$	60.60
	$V_m =$	28.70	$W_m =$	66.20
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo				
Peso volumétrico del suelo (g/cm ³)	γ_m	2.307		
Densidad seca (g/cm ³)	γ_d	2.107		
Contenido de humedad (%)	w %	9.508%		
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	0.255		
Porosidad (%)	$n\% = (V_v/V_m) * 100$	20.312		
Grado de saturación de agua (%)	$G_w\% = (V_w/V_v) * 100$	96.073		
Grado de saturación de aire (%)	$G_a\% = (V_a/V_v) * 100$	3.927		

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 79. Ensayo Densidad de Campo # 4



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: San Francisco de Asís
 Normas: AASHTO T 191 2014

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 776762
 Y: 9845606

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa				
Peso de la masa de suelo + funda (g)				1365
Peso de la funda (g)				3.7
Peso de la masa de suelo (g)				1361.3
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa				
Peso inicial frasco + cono + arena (g)				4460
Peso final frasco + cono + arena (g)				3022
Peso arena en el cono (Calibración del cono)				355.3
Peso arena en la perforación				1082.7
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración arena)				1.545
Volumen de la perforación				700.95
3. Determinación del Contenido de Humedad				
Recipiente número	SR3	LP8	LP1	
Peso húmedo + recipiente (g)	70.9	71.80	70.40	
Peso seco + recipiente (g)	59.3	60.30	58.60	
Peso recipiente (g)	5.80	5.70	5.80	
Peso del agua (g)	11.60	11.50	11.80	
Peso de los sólidos (g)	53.50	54.60	52.80	
Contenido de humedad (%)	21.68	21.06	22.35	
Contenido de humedad promedio (%)				21.70
4. Determinación de las Fases del Suelo				
		cm3		g
Volumen de vacíos	$V_v =$	13.43	$W_v =$	-
	$V_a =$	1.93	$W_a =$	0.00
	$V_w =$	11.50	$W_w =$	11.50
	$V_s =$	20.60	$W_s =$	54.60
	$V_m =$	34.04	$W_m =$	66.10
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo				
Peso volumétrico del suelo (g/cm ³)	γ_m	1.942		
Densidad seca (g/cm ³)	γ_d	1.596		
Contenido de humedad (%)	w %	21.698%		
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	0.652		
Porosidad (%)	$n\% = (V_v/V_m) * 100$	39.464		
Grado de saturación de agua (%)	$G_w\% = (V_w/V_v) * 100$	85.618		
Grado de saturación de aire (%)	$G_a\% = (V_a/V_v) * 100$	14.382		

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 80. Ensayo Densidad de Campo # 5



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: La Florida
 Normas: AASHTO T 191 2014

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776109
 Y: 9848469

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa			
Peso de la masa de suelo + funda (g)	1246		
Peso de la funda (g)	3.7		
Peso de la masa de suelo (g)	1242.3		
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa			
Peso inicial frasco + cono + arena (g)	4462		
Peso final frasco + cono + arena (g)	2910		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	355.3		
Peso arena en la perforación	1196.7		
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración arena)	1.545		
Volumen de la perforación	774.75		
3. Determinación del Contenido de Humedad			
Recipiente número	LP2	SR1	S6
Peso húmedo + recipiente (g)	70.80	72.20	74.10
Peso seco + recipiente (g)	63.30	64.90	66.60
Peso recipiente (g)	5.90	5.90	5.80
Peso del agua (g)	7.50	7.30	7.50
Peso de los sólidos (g)	57.40	59.00	60.80
Contenido de humedad (%)	13.07	12.37	12.34
Contenido de humedad promedio (%)	12.59		
4. Determinación de las Fases del Suelo			
		cm3	g
Volumen de vacíos	$V_v =$	19.08	$W_v =$ -
	$V_a =$	11.78	$W_a =$ 0.00
	$V_w =$	7.30	$W_w =$ 7.30
	$V_s =$	22.26	$W_s =$ 59.00
	$V_m =$	41.35	$W_m =$ 66.30
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo			
Peso volumétrico del suelo (g/cm ³)	γ_m	1.603	
Densidad seca (g/cm ³)	γ_d	1.424	
Contenido de humedad (%)	w %	12.592%	
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	0.857	
Porosidad (%)	$n\% = (V_v/V_m) * 100$	46.154	
Grado de saturación de agua (%)	$G_w\% = (V_w/V_v) * 100$	38.253	
Grado de saturación de aire (%)	$G_a\% = (V_a/V_v) * 100$	61.747	

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 81. Ensayo Densidad de Campo # 6



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: La Florida
 Normas: AASHTO T 191 2014

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 775673
 Y: 9848597

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa				
Peso de la masa de suelo + funda (g)				1206
Peso de la funda (g)				3.7
Peso de la masa de suelo (g)				1202.3
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa				
Peso inicial frasco + cono + arena (g)				4464
Peso final frasco + cono + arena (g)				3059
Peso arena en el cono (Calibración del cono)				355.3
Peso arena en la perforación				1049.7
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración arena)				1.545
Volumen de la perforación				679.58
3. Determinación del Contenido de Humedad				
Recipiente número		T1	M1	M2
Peso húmedo + recipiente (g)		68.3	170.40	170.20
Peso seco + recipiente (g)		59.8	153.80	152.10
Peso recipiente (g)		9.4	35.50	35.60
Peso del agua (g)		8.50	16.60	18.10
Peso de los sólidos (g)		50.40	118.30	116.50
Contenido de humedad (%)		16.87	14.03	15.54
Contenido de humedad promedio (%)		15.48		
4. Determinación de las Fases del Suelo				
			cm3	g
Volumen de vacíos	$V_v =$	31.61	$W_v =$	-
	$V_a =$	15.01	$W_a =$	0.00
	$V_w =$	16.60	$W_w =$	16.60
	$V_s =$	44.64	$W_s =$	118.30
	$V_m =$	76.25	$W_m =$	134.90
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo				
Peso volumétrico del suelo (g/cm ³)	γ_m	1.769		
Densidad seca (g/cm ³)	γ_d	1.532		
Contenido de humedad (%)	w %	15.478%		
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	0.708		
Porosidad (%)	$n\% = (V_v/V_m) * 100$	41.454		
Grado de saturación de agua (%)	$G_w\% = (V_w/V_v) * 100$	52.517		
Grado de saturación de aire (%)	$G_a\% = (V_a/V_v) * 100$	47.483		

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 82. Ensayo Densidad de Campo # 7



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Perezpamba
 Normas: AASHTO T 191 2014

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 778080
 Y: 9843652

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa				
Peso de la masa de suelo + funda (g)				1381
Peso de la funda (g)				3.7
Peso de la masa de suelo (g)				1377.3
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa				
Peso inicial frasco + cono + arena (g)				4466
Peso final frasco + cono + arena (g)				2979
Peso arena en el cono (Calibración del cono)				355.3
Peso arena en la perforación				1131.7
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración arena)				1.545
Volumen de la perforación				732.67
3. Determinación del Contenido de Humedad				
Recipiente número	SR5	LP2	LP9	
Peso húmedo + recipiente (g)	62.70	65.00	65.70	
Peso seco + recipiente (g)	54.30	56.30	57.20	
Peso recipiente (g)	5.90	5.90	5.80	
Peso del agua (g)	8.40	8.70	8.50	
Peso de los sólidos (g)	48.40	50.40	51.40	
Contenido de humedad (%)	17.36	17.26	16.54	
Contenido de humedad promedio (%)				17.05
4. Determinación de las Fases del Suelo				
		cm3		g
Volumen de vacíos	$V_v =$	12.42	$W_v =$	-
	$V_a =$	3.72	$W_a =$	0.00
	$V_w =$	8.70	$W_w =$	8.70
	$V_s =$	19.02	$W_s =$	50.40
	$V_m =$	31.44	$W_m =$	59.10
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo				
Peso volumétrico del suelo (g/cm ³)	γ_m	1.880		
Densidad seca (g/cm ³)	γ_d	1.606		
Contenido de humedad (%)	w %	17.051%		
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	0.653		
Porosidad (%)	$n\% = (V_v/V_m) * 100$	39.505		
Grado de saturación de agua (%)	$G_w\% = (V_w/V_v) * 100$	70.048		
Grado de saturación de aire (%)	$G_a\% = (V_a/V_v) * 100$	29.952		

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 83. Ensayo Densidad de Campo # 8



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Perezpamba
 Normas: AASHTO T 191 2014

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 778482
 Y: 9843335

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa			
Peso de la masa de suelo + funda (g)	1329		
Peso de la funda (g)	3.7		
Peso de la masa de suelo (g)	1325.3		
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa			
Peso inicial frasco + cono + arena (g)	4457		
Peso final frasco + cono + arena (g)	2928		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	355.3		
Peso arena en la perforación	1173.7		
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración arena)	1.545		
Volumen de la perforación	759.86		
3. Determinación del Contenido de Humedad			
Recipiente número	SR1	SR2	SR9
Peso húmedo + recipiente (g)	71.8	69.50	72.20
Peso seco + recipiente (g)	60.7	58.70	60.90
Peso recipiente (g)	5.9	5.80	6.00
Peso del agua (g)	11.10	10.80	11.30
Peso de los sólidos (g)	54.80	52.90	54.90
Contenido de humedad (%)	20.26	20.42	20.58
Contenido de humedad promedio (%)	20.42		
4. Determinación de las Fases del Suelo			
		cm3	g
Volumen de vacíos	$V_v =$	16.56	$W_v =$
	$V_a =$	5.76	$W_a =$
	$V_w =$	10.80	$W_w =$
	$V_s =$	19.96	$W_s =$
	$V_m =$	36.52	$W_m =$
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo			
Peso volumétrico del suelo (g/cm ³)	γ_m	1.744	
Densidad seca (g/cm ³)	γ_d	1.448	
Contenido de humedad (%)	w %	20.418%	
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	0.830	
Porosidad (%)	$n\% = (V_v/V_m) * 100$	45.342	
Grado de saturación de agua (%)	$G_w\% = (V_w/V_v) * 100$	65.217	
Grado de saturación de aire (%)	$G_a\% = (V_a/V_v) * 100$	34.783	

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 84. Ensayo Densidad de Campo # 9



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: San Andrés de Pillate
 Normas: AASHTO T 191 2014

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776266
 Y: 9839213

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa				
Peso de la masa de suelo + funda (g)				1785
Peso de la funda (g)				3.7
Peso de la masa de suelo (g)				1781.3
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa				
Peso inicial frasco + cono + arena (g)				4465
Peso final frasco + cono + arena (g)				2900
Peso arena en el cono (Calibración del cono)				355.3
Peso arena en la perforación				1209.7
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración arena)				1.545
Volumen de la perforación				783.17
3. Determinación del Contenido de Humedad				
Recipiente número	SR4	SR6	LP4	
Peso húmedo + recipiente (g)	75.80	71.90	72.70	
Peso seco + recipiente (g)	69.20	66.70	67.10	
Peso recipiente (g)	5.70	5.80	5.80	
Peso del agua (g)	6.60	5.20	5.60	
Peso de los sólidos (g)	63.50	60.90	61.30	
Contenido de humedad (%)	10.39	8.54	9.14	
Contenido de humedad promedio (%)				9.36
4. Determinación de las Fases del Suelo				
		cm3		g
Volumen de vacíos	$V_v =$	6.86	$W_v =$	-
	$V_a =$	0.26	$W_a =$	0.00
	$V_w =$	6.60	$W_w =$	6.60
	$V_s =$	23.96	$W_s =$	63.50
	$V_m =$	30.82	$W_m =$	70.10
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo				
Peso volumétrico del suelo (g/cm ³)	γ_m	2.274		
Densidad seca (g/cm ³)	γ_d	2.080		
Contenido de humedad (%)	w %	9.356%		
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	0.286		
Porosidad (%)	$n\% = (V_v/V_m) * 100$	22.252		
Grado de saturación de agua (%)	$G_w\% = (V_w/V_v) * 100$	96.238		
Grado de saturación de aire (%)	$G_a\% = (V_a/V_v) * 100$	3.762		

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 85. Ensayo Densidad de Campo # 10



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: San Andrés de Pillate
 Normas: AASHTO T 191 2014

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 776206
 Y: 9839304

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa				
Peso de la masa de suelo + funda (g)				1241
Peso de la funda (g)				3.7
Peso de la masa de suelo (g)				1237.3
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa				
Peso inicial frasco + cono + arena (g)				4469
Peso final frasco + cono + arena (g)				3019
Peso arena en el cono (Calibración del cono)				355.3
Peso arena en la perforación				1094.7
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración arena)				1.545
Volumen de la perforación				708.72
3. Determinación del Contenido de Humedad				
Recipiente número	M1	T1	LP3	
Peso húmedo + recipiente (g)	112.8	53.60	61.10	
Peso seco + recipiente (g)	99.6	45.90	52.20	
Peso recipiente (g)	35.5	9.40	5.90	
Peso del agua (g)	13.20	7.70	8.90	
Peso de los sólidos (g)	64.10	36.50	46.30	
Contenido de humedad (%)	20.59	21.10	19.22	
Contenido de humedad promedio (%)				20.30
4. Determinación de las Fases del Suelo				
		cm3		g
Volumen de vacíos	$V_v =$	11.54	$W_v =$	-
	$V_a =$	3.84	$W_a =$	0.00
	$V_w =$	7.70	$W_w =$	7.70
	$V_s =$	13.77	$W_s =$	36.50
	$V_m =$	25.32	$W_m =$	44.20
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo				
Peso volumétrico del suelo (g/cm ³)	γ_m	1.746		
Densidad seca (g/cm ³)	γ_d	1.451		
Contenido de humedad (%)	w %	20.304%		
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	0.838		
Porosidad (%)	$n\% = (V_v/V_m) * 100$	45.596		
Grado de saturación de agua (%)	$G_w\% = (V_w/V_v) * 100$	66.702		
Grado de saturación de aire (%)	$G_a\% = (V_a/V_v) * 100$	33.298		

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 86. Ensayo Densidad de Campo # 11



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Chanchaloma
 Normas: AASHTO T 191 2014

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 778305
 Y: 9844955

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa				
Peso de la masa de suelo + funda (g)				1273
Peso de la funda (g)				3.7
Peso de la masa de suelo (g)				1269.3
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa				
Peso inicial frasco + cono + arena (g)				4462
Peso final frasco + cono + arena (g)				3107
Peso arena en el cono (Calibración del cono)				355.3
Peso arena en la perforación				999.7
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración arena)				1.545
Volumen de la perforación				647.21
3. Determinación del Contenido de Humedad				
Recipiente número	LP4	LP5	SR10	
Peso húmedo + recipiente (g)	64.8	61.30	60.10	
Peso seco + recipiente (g)	53.9	50.70	49.80	
Peso recipiente (g)	5.8	5.90	5.90	
Peso del agua (g)	10.90	10.60	10.30	
Peso de los sólidos (g)	48.10	44.80	43.90	
Contenido de humedad (%)	22.66	23.66	23.46	
Contenido de humedad promedio (%)				23.26
4. Determinación de las Fases del Suelo				
		cm3		g
Volumen de vacíos	$V_v =$	11.34	$W_v =$	-
	$V_a =$	0.74	$W_a =$	0.00
	$V_w =$	10.60	$W_w =$	10.60
	$V_s =$	16.91	$W_s =$	44.80
	$V_m =$	28.25	$W_m =$	55.40
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo				
Peso volumétrico del suelo (g/cm ³)	γ_m	1.961		
Densidad seca (g/cm ³)	γ_d	1.591		
Contenido de humedad (%)	w %	23.261%		
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	0.671		
Porosidad (%)	$n\% = (V_v/V_m) * 100$	40.153		
Grado de saturación de agua (%)	$G_w\% = (V_w/V_v) * 100$	93.452		
Grado de saturación de aire (%)	$G_a\% = (V_a/V_v) * 100$	6.548		

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 87. Ensayo Densidad de Campo # 12



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Chanchaloma
 Normas: AASHTO T 191 2014

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 777967
 Y: 9844885

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o peso de la masa				
Peso de la masa de suelo + funda (g)				1178
Peso de la funda (g)				3.7
Peso de la masa de suelo (g)				1174.3
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa				
Peso inicial frasco + cono + arena (g)				4452
Peso final frasco + cono + arena (g)				3122
Peso arena en el cono (Calibración del cono)				355.3
Peso arena en la perforación				974.7
Densidad de la arena de Ottawa (Calibración arena)				1.545
Volumen de la perforación				631.03
3. Determinación del Contenido de Humedad				
Recipiente número	LP3	LP6	SR8	
Peso húmedo + recipiente (g)	56.8	51.60	52.80	
Peso seco + recipiente (g)	43.7	39.90	40.70	
Peso recipiente (g)	5.9	5.70	5.70	
Peso del agua (g)	13.10	11.70	12.10	
Peso de los sólidos (g)	37.80	34.20	35.00	
Contenido de humedad (%)	34.66	34.21	34.57	
Contenido de humedad promedio (%)				34.48
4. Determinación de las Fases del Suelo				
		cm3		g
Volumen de vacíos	$V_v =$	11.76	$W_v =$	-
	$V_a =$	0.06	$W_a =$	0.00
	$V_w =$	11.70	$W_w =$	11.70
	$V_s =$	12.91	$W_s =$	34.20
	$V_m =$	24.67	$W_m =$	45.90
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo				
Peso volumétrico del suelo (g/cm ³)	γ_m	1.861		
Densidad seca (g/cm ³)	γ_d	1.384		
Contenido de humedad (%)	w %	34.479%		
Relación de vacíos	$e = V_v/V_s$	0.911		
Porosidad (%)	$n\% = (V_v/V_m) * 100$	47.676		
Grado de saturación de agua (%)	$G_w\% = (V_w/V_v) * 100$	99.495		
Grado de saturación de aire (%)	$G_a\% = (V_a/V_v) * 100$	0.505		

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 88. Ensayo Gravedad Específica # 1



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: Surangay
 Normas: AASHTO T 100 2015

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 775556
 Y: 9844861

GRAVEDAD ESPECÍFICA
Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	O1
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	660,20
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	690,40
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	18,40
Temperatura del agua y suelo en °C	19,00
Factor de Corrección por temperatura K	0,9984
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	2G
Recipiente + peso suelo seco	109,30
Peso del recipiente	60,70
Peso del suelo seco Ws	48,60
Gravedad específica $G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,64

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 89. Ensayo Gravedad Específica # 2



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: Surangay
 Normas: AASHTO T 100 2015

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 775705
 Y: 9844294

GRAVEDAD ESPECÍFICA
Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	2
Picnómetro número (Pg)	O1
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	659,60
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	690,50
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	16,60
Temperatura del agua y suelo en °C	20,00
Factor de Corrección por temperatura K	0,9982
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	1G
Recipiente + peso suelo seco	108,30
Peso del recipiente	60,80
Peso del suelo seco Ws	47,50
Gravedad específica $G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,86

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 90. Ensayo Gravedad Específica # 3



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: San Francisco de Asís
 Normas: AASHTO T 100 2015

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776163
 Y: 9845992

GRAVEDAD ESPECÍFICA
Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	O1
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	660,20
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	689,70
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	18,60
Temperatura del agua y suelo en °C	19,00
Factor de Corrección por temperatura K	0,9984
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	TA2
Recipiente + peso suelo seco	102,70
Peso del recipiente	54,60
Peso del suelo seco Ws	48,10
Gravedad específica $G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,58

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 91. Ensayo Gravedad Específica # 4



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: San Francisco de Asís
 Normas: AASHTO T 100 2015

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 776762
 Y: 9845606

GRAVEDAD ESPECÍFICA
Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	2
Picnómetro número (Pg)	O1
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	660,40
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	687,20
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	18,80
Temperatura del agua y suelo en °C	20,00
Factor de Corrección por temperatura K	0,9982
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	3G
Recipiente + peso suelo seco	106,40
Peso del recipiente	60,80
Peso del suelo seco Ws	45,60
Gravedad específica $G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,42

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 92. Ensayo Gravedad Específica # 5



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: La Florida
 Normas: AASHTO T 100 2015

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776109
 Y: 9848469

GRAVEDAD ESPECÍFICA
Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	O1
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	659,80
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	688,30
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	20,80
Temperatura del agua y suelo en °C	19,00
Factor de Corrección por temperatura K	0,9984
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	M1
Recipiente + peso suelo seco	199,10
Peso del recipiente	149,80
Peso del suelo seco Ws	49,30
Gravedad específica $G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,37

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 93. Ensayo Gravedad Específica # 6



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: La Florida
 Normas: AASHTO T 100 2015

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 775673
 Y: 9848597

GRAVEDAD ESPECÍFICA
Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	2
Picnómetro número (Pg)	O1
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	660,40
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	688,50
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	21,10
Temperatura del agua y suelo en °C	20,00
Factor de Corrección por temperatura K	0,9982
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	M2
Recipiente + peso suelo seco	201,50
Peso del recipiente	152,30
Peso del suelo seco Ws	49,20
Gravedad específica $G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,33

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 94. Ensayo Gravedad Específica # 7



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Perezpamba
 Normas: AASHTO T 100 2015

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 778080
 Y: 9843652

GRAVEDAD ESPECÍFICA
Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	O1
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	659,70
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	690,30
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	19,10
Temperatura del agua y suelo en °C	20,00
Factor de Corrección por temperatura K	0,9982
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	4G
Recipiente + peso suelo seco	110,50
Peso del recipiente	60,80
Peso del suelo seco Ws	49,70
Gravedad específica $G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,60

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 95. Ensayo Gravedad Específica # 8.



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Perezpamba
 Normas: AASHTO T 100 2015

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 778482
 Y: 9843335

GRAVEDAD ESPECÍFICA
Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	2
Picnómetro número (Pg)	O1
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	659,60
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	690,20
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	17,90
Temperatura del agua y suelo en °C	18,00
Factor de Corrección por temperatura K	0,9986
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	TA1
Recipiente + peso suelo seco	99,80
Peso del recipiente	51,30
Peso del suelo seco Ws	48,50
Gravedad específica $G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,71

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 96. Ensayo Gravedad Específica # 9



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: San Andrés de Pillate
 Normas: AASHTO T 100 2015

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776266
 Y: 9839213

GRAVEDAD ESPECÍFICA
Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	O1
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	660,10
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	687,80
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	21,90
Temperatura del agua y suelo en °C	17,00
Factor de Corrección por temperatura K	0,9988
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	11G
Recipiente + peso suelo seco	123,70
Peso del recipiente	74,10
Peso del suelo seco Ws	49,60
Gravedad específica $G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,26

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 97. Ensayo Gravedad Específica # 10



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: San Andrés de Pillate
 Normas: AASHTO T 100 2015

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 776206
 Y: 9839304

GRAVEDAD ESPECÍFICA
Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	2
Picnómetro número (Pg)	O1
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	660,70
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	691,60
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	17,90
Temperatura del agua y suelo en °C	19,00
Factor de Corrección por temperatura K	0,9984
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	10G
Recipiente + peso suelo seco	110,10
Peso del recipiente	61,30
Peso del suelo seco Ws	48,80
Gravedad específica $G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,72

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 98. Ensayo Gravedad Específica # 11



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Chanchaloma
 Normas: AASHTO T 100 2015

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 778305
 Y: 9844955

GRAVEDAD ESPECÍFICA
Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	O1
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	659,80
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	689,40
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	18,90
Temperatura del agua y suelo en °C	19,00
Factor de Corrección por temperatura K	0,9984
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	M3
Recipiente + peso suelo seco	198,80
Peso del recipiente	150,30
Peso del suelo seco Ws	48,50
Gravedad específica $G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,56

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 99. Ensayo Gravedad Específica # 12



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Chanchaloma
 Normas: AASHTO T 100 2015

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 778305
 Y: 9844955

GRAVEDAD ESPECÍFICA
Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	2
Picnómetro número (Pg)	O1
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	660,00
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	689,00
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	19,60
Temperatura del agua y suelo en °C	17,00
Factor de Corrección por temperatura K	0,9988
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	M4
Recipiente + peso suelo seco	139,80
Peso del recipiente	91,20
Peso del suelo seco Ws	48,60
Gravedad específica Gs=(Ws*K)/(Ws+Wbw-Wbws)	2,48

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 100. Ensayo Granulométrico # 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

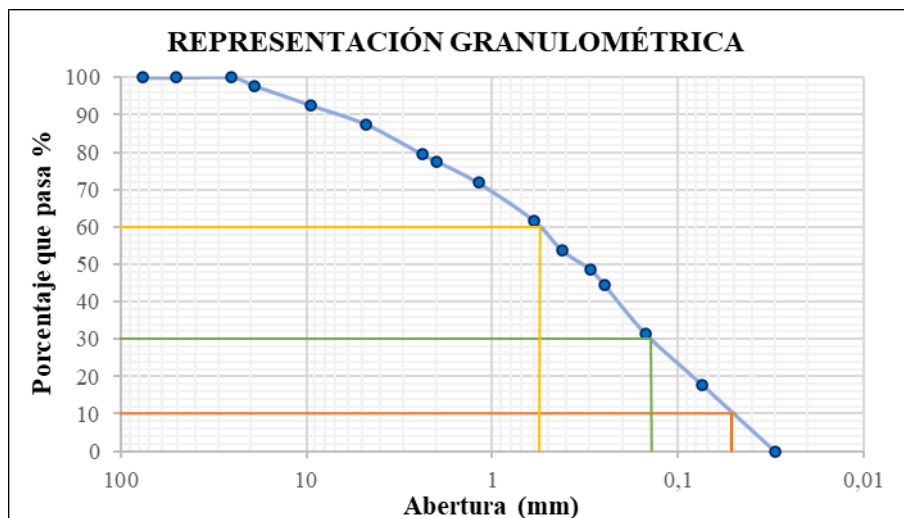
Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: Surangay
 Normas: AASHTO T 88 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 775556
 Y: 9844861

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Peso Seco (g)	1000
----------------------	------

Tamiz #	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Acumulado(g)	% Ret. Acumulado	% Que Pasa
3"	76,2	0	0	0	100
2"	50,8	0	0	0	100
1"	25,4	0	0	0	100
3/4 "	19,1	21,8	21,8	2,18	97,82
3/8 "	9,52	52,3	74,1	7,41	92,59
#4	4,76	51,7	125,8	12,58	87,42
# 8	2,38	79,9	205,7	20,57	79,43
# 10	2	18,3	224	22,4	77,6
# 16	1,19	57,8	281,8	28,18	71,82
# 30	0,595	101,7	383,5	38,35	61,65
# 40	0,42	79,4	462,9	46,29	53,71
# 50	0,297	49,8	512,7	51,27	48,73
# 60	0,25	40,7	553,4	55,34	44,66
# 100	0,149	132,6	686	68,6	31,4
# 200	0,074	136,1	822,1	82,21	17,79
FUENTE	0,03	177,9	177,9	17,79	0,00



COEFICIENTES DEL SUELO		
Diámetro Efectivo (D10)	0,05	mm
Diámetro Equiparable (D30)	0,14	mm
Diámetro Dimensional (D60)	0,47	mm
Coefficiente de Uniformidad (Cu)	9,400	
Coefficiente de Curvatura (Cc)	0,834	
Tamaño Nominal Máximo (TNM)	9,52	mm

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 101. Ensayo Granulométrico # 2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Provincia: Tungurahua
Cantón: Pelileo
Parroquia: Huambaló
Sector: Surangay
Normas: AASHTO T 88
2013

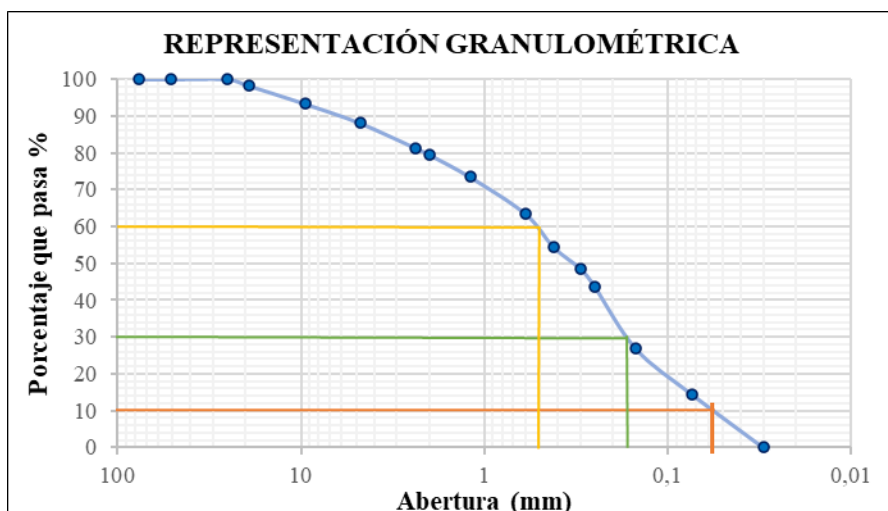
Proyecto: Tesis de Grado
Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
Número de muestra: 2
Coordenadas: X: 775705
Y: 9844294

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Peso Seco (g)	1000
----------------------	------

Tamiz #	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Acumulado(g)	% Ret. Acumulado	% Que Pasa
3"	76,2	0	0	0	100
2"	50,8	0	0	0	100
1"	25,4	0	0	0	100
3/4 "	19,1	18,3	18,3	1,83	98,17
3/8 "	9,52	48,4	66,7	6,67	93,33
#4	4,76	52,5	119,2	11,92	88,08
# 8	2,38	67,3	186,5	18,65	81,35
# 10	2	18,3	204,8	20,48	79,52
# 16	1,19	61	265,8	26,58	73,42
# 30	0,595	99,7	365,5	36,55	63,45
# 40	0,42	89,3	454,8	45,48	54,52
# 50	0,297	60,4	515,2	51,52	48,48
# 60	0,25	46,9	562,1	56,21	43,79

# 100	0,149	169,4	731,5	73,15	26,85
# 200	0,074	123,1	854,6	85,46	14,54
FUENTE	0,03	145,4	145,4	14,54	0



COEFICIENTES DEL SUELO	
Diámetro Efectivo (D10)	0,056 mm
Diámetro Equiparable (D30)	0,18 mm
Diámetro Dimensional (D60)	0,5 mm
Coefficiente de Uniformidad (Cu)	8,929
Coefficiente de Curvatura (Cc)	1,157
Tamaño Nominal Máximo (TNM)	9,52 mm

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 102. Ensayo Granulométrico # 3



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



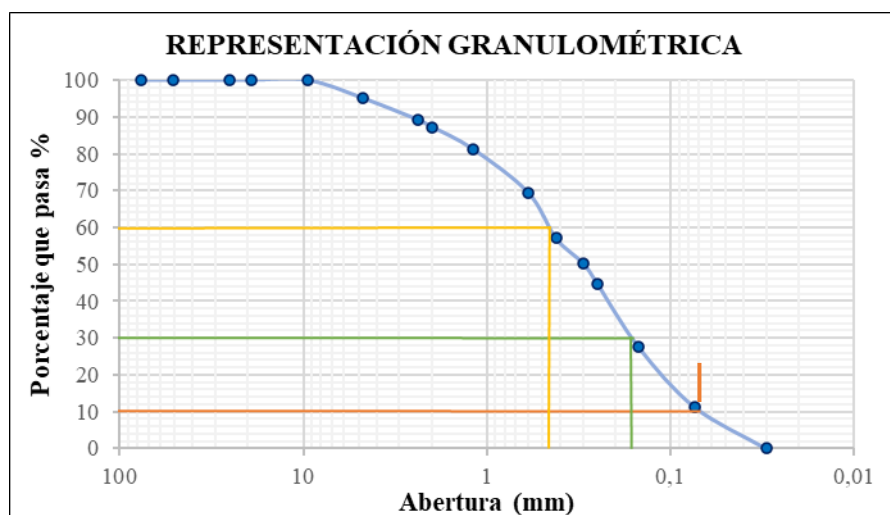
Provincia: Tungurahua
Cantón: Pelileo
Parroquia: Huambaló
Sector: San Francisco de Asís
Normas: AASHTO T 88
2013

Proyecto: Tesis de Grado
Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
Número de muestra: 1
Coordenadas: X: 776163
Y: 9845992

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Peso Seco (g)	1000
----------------------	------

Tamiz #	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Acumulado(g)	% Ret. Acumulado	% Que Pasa
3"	76,2		0	0	100
2"	50,8		0	0	100
1"	25,4		0	0	100
3/4 "	19,1		0	0	100
3/8 "	9,52		0	0	100
#4	4,76	48,8	48,8	4,88	95,12
# 8	2,38	59	107,8	10,78	89,22
# 10	2	18,9	126,7	12,67	87,33
# 16	1,19	60,7	187,4	18,74	81,26
# 30	0,595	117,8	305,2	30,52	69,48
# 40	0,42	124,2	429,4	42,94	57,06
# 50	0,297	68,6	498	49,8	50,2
# 60	0,25	54,2	552,2	55,22	44,78
# 100	0,149	172,2	724,4	72,44	27,56
# 200	0,074	162,3	886,7	88,67	11,33
FUENTE	0,03	113,3	113,3	11,33	0,00



COEFICIENTES DEL SUELO		
Diámetro Efectivo (D10)		0,069 mm
Diámetro Equiparable (D30)		0,17 mm
Diámetro Dimensional (D60)		0,47 mm
Coeficiente de Uniformidad (Cu)		6,812
Coeficiente de Curvatura (Cc)		0,891
Tamaño Nominal Máximo (TNM)		2,38 mm

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 103. Ensayo Granulométrico # 4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



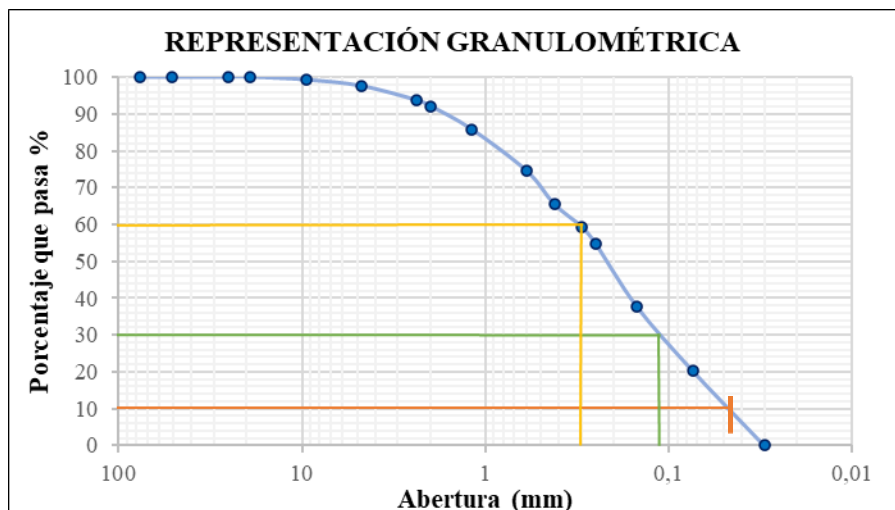
Provincia: Tungurahua
Cantón: Pelileo
Parroquia: Huambaló
Sector: San Francisco de Asís
Normas: AASHTO T 88
2013

Proyecto: Tesis de Grado
Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
Número de muestra: 2
Coordenadas: X: 776762
Y: 9845606

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Peso Seco (g)	1000
----------------------	------

Tamiz #	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Acumulado(g)	% Ret. Acumulado	% Que Pasa
3"	76,2	0	0	0	100
2"	50,8	0	0	0	100
1"	25,4	0	0	0	100
3/4 "	19,1	0	0	0	100
3/8 "	9,52	7,4	7,4	0,74	99,26
#4	4,76	16,7	24,1	2,41	97,59
# 8	2,38	38,4	62,5	6,25	93,75
# 10	2	15,9	78,4	7,84	92,16
# 16	1,19	63	141,4	14,14	85,86
# 30	0,595	113,2	254,6	25,46	74,54
# 40	0,42	90,3	344,9	34,49	65,51
# 50	0,297	61,7	406,6	40,66	59,34
# 60	0,25	45,2	451,8	45,18	54,82
# 100	0,149	170,9	622,7	62,27	37,73
# 200	0,074	173,8	796,5	79,65	20,35
FUENTE	0,03	203,5	203,5	20,35	0,00



COEFICIENTES DEL SUELO		
Diámetro Efectivo (D10)		0,047 mm
Diámetro Equiparable (D30)		0,12 mm
Diámetro Dimensional (D60)		0,2 mm
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		4,255
Coefficiente de Curvatura (Cc)		1,532
Tamaño Nominal Máximo (TNM)		2,38 mm

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 104. Ensayo Granulométrico # 5



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: La Florida
 Normas: AASHTO T 88
 2013

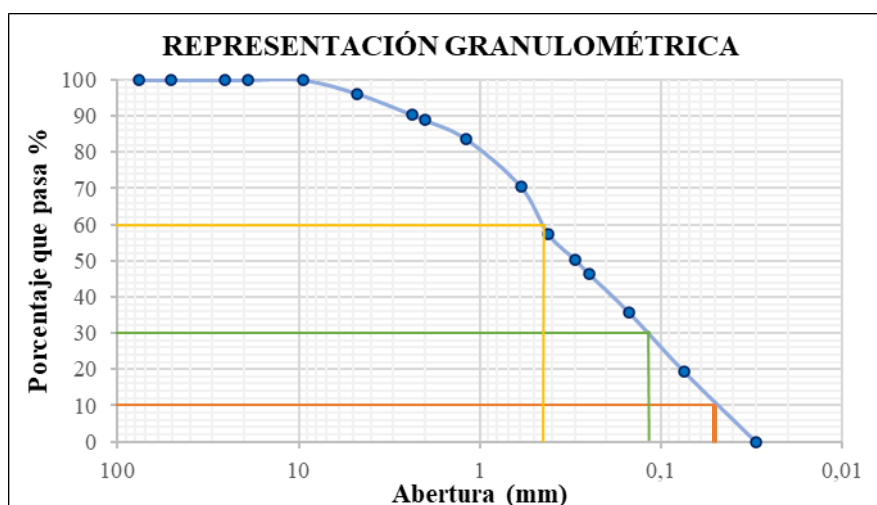
Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776109
 Y: 9848469

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Peso Seco (g)	1000
----------------------	------

Tamiz #	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Acumulado(g)	% Ret. Acumulado	% Que Pasa
3"	76,2	0	0	0	100
2"	50,8	0	0	0	100
1"	25,4	0	0	0	100
3/4 "	19,1	0	0	0	100
3/8 "	9,52	0	0	0	100
#4	4,76	38	38	3,8	96,2
# 8	2,38	57,7	95,7	9,57	90,43
# 10	2	15,9	111,6	11,16	88,84
# 16	1,19	51,9	163,5	16,35	83,65
# 30	0,595	130,9	294,4	29,44	70,56
# 40	0,42	131,2	425,6	42,56	57,44
# 50	0,297	71,7	497,3	49,73	50,27
# 60	0,25	38,9	536,2	53,62	46,38

# 100	0,149	108,3	644,5	64,45	35,55
# 200	0,074	163,5	808	80,8	19,2
FUENTE	0,03	192	192	19,2	0



COEFICIENTES DEL SUELO		
Diámetro Efectivo (D10)		0,05 mm
Diámetro Equiparable (D30)		0,12 mm
Diámetro Dimensional (D60)		0,45 mm
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		9,000
Coefficiente de Curvatura (Cc)		0,640
Tamaño Nominal Máximo (TNM)		2,38 mm

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 105. Ensayo Granulométrico # 6



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



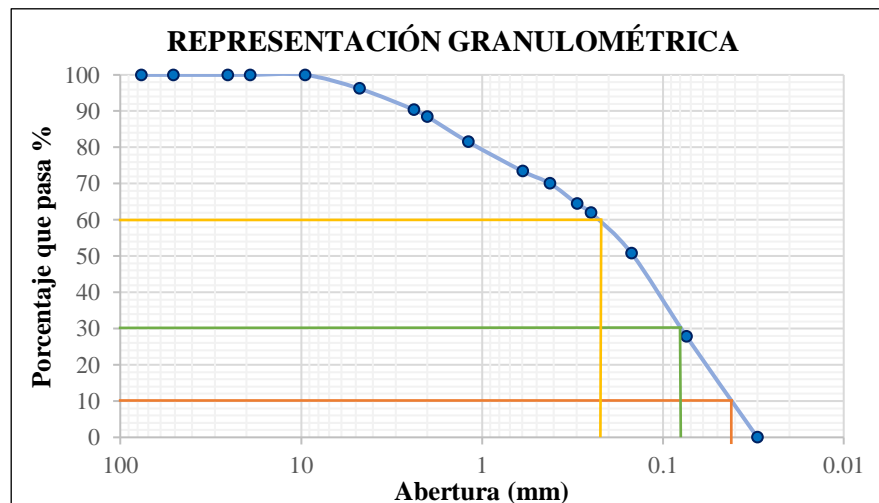
Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: La Florida
 Normas: AASHTO T 88 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 775673
 Y: 9848597

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Peso Seco (g)	1000
----------------------	------

Tamiz #	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Acumulado(g)	% Ret. Acumulado	% Que Pasa
3"	76,2	0	0	0	100
2"	50,8	0	0	0	100
1"	25,4	0	0	0	100
3/4 "	19,1	0	0	0	100
3/8 "	9,52	0	0	0	100
#4	4,76	38	38	3,8	96,2
# 8	2,38	58	96	9,6	90,4
# 10	2	19,6	115,6	11,56	88,44
# 16	1,19	69,4	185	18,5	81,5
# 30	0,595	80,9	265,9	26,59	73,41
# 40	0,42	33,7	299,6	29,96	70,04
# 50	0,297	56,5	356,1	35,61	64,39
# 60	0,25	24,3	380,4	38,04	61,96
# 100	0,149	112	492,4	49,24	50,76
# 200	0,074	229,2	721,6	72,16	27,84
FUENTE	0,03	278,4	278,4	27,84	0,00



COEFICIENTES DEL SUELO		
Diámetro Efectivo (D10)	0,042	mm
Diámetro Equiparable (D30)	0,08	mm
Diámetro Dimensional (D60)	0,22	mm
Coefficiente de Uniformidad (Cu)	5,238	
Coefficiente de Curvatura (Cc)	0,693	
Tamaño Nominal Máximo (TNM)	2,38	mm

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 106. Ensayo Granulométrico # 7



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



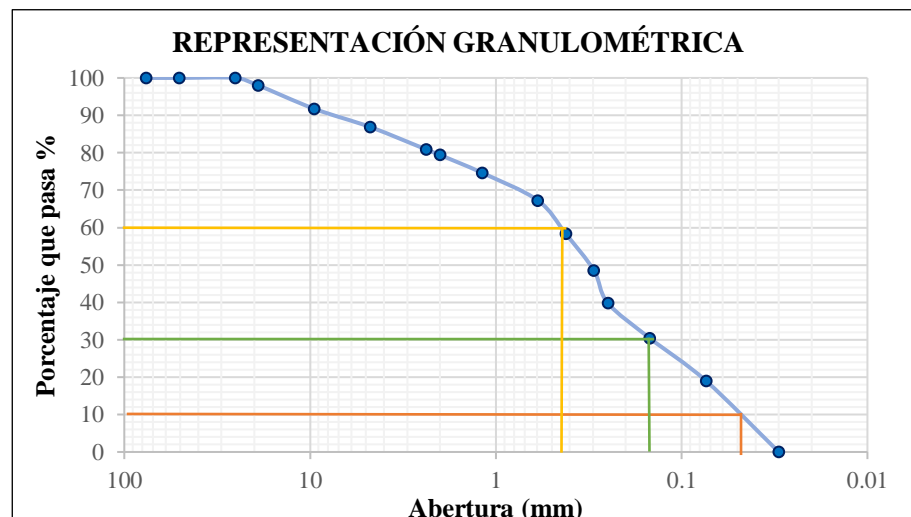
Provincia: Tungurahua
Cantón: Pelileo
Parroquia: Cotaló
Sector: Perezpamba
Normas: AASHTO T 88 2013

Proyecto: Tesis de Grado
Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
Número de muestra: 1
Coordenadas: X: 778080
Y: 9843652

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Peso Seco (g)	1000
----------------------	------

Tamiz #	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Acumulado(g)	% Ret. Acumulado	% Que Pasa
3"	76,2	0	0	0	100
2"	50,8	0	0	0	100
1"	25,4	0	0	0	100
3/4 "	19,1	19,6	19,6	1,96	98,04
3/8 "	9,52	62,7	82,3	8,23	91,77
#4	4,76	48,7	131	13,1	86,9
# 8	2,38	59,9	190,9	19,09	80,91
# 10	2	15	205,9	20,59	79,41
# 16	1,19	47,5	253,4	25,34	74,66
# 30	0,595	73,9	327,3	32,73	67,27
# 40	0,42	89,7	417	41,7	58,3
# 50	0,297	97,1	514,1	51,41	48,59
# 60	0,25	87,2	601,3	60,13	39,87
# 100	0,149	93,9	695,2	69,52	30,48
# 200	0,074	114,5	809,7	80,97	19,03
FUENTE	0,03	190,3	190,3	19,03	0



COEFICIENTES DEL SUELO	
Diámetro Efectivo (D10)	0,048 mm
Diámetro Equiparable (D30)	0,15 mm
Diámetro Dimensional (D60)	0,45 mm
Coficiente de Uniformidad (Cu)	9,375
Coficiente de Curvatura (Cc)	1,042
Tamaño Nominal Máximo (TNM)	9,52 mm

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 107. Ensayo Granulométrico # 8



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Provincia: Tungurahua
Cantón: Pelileo
Parroquia: Cotaló
Sector: Perezpamba
Normas: AASHTO T 88 2013

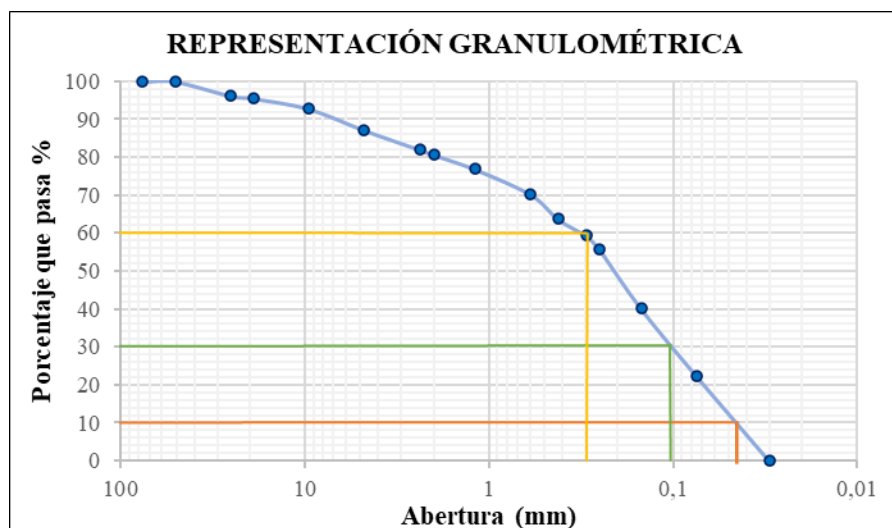
Proyecto: Tesis de Grado
Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
Número de muestra: 2
Coordenadas: X: 778482
Y: 9843335

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Peso Seco (g)	1000
----------------------	------

Tamiz #	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Acumulado(g)	% Ret. Acumulado	% Que Pasa
3"	76,2	0	0	0	100
2"	50,8	0	0	0	100
1"	25,4	37,8	37,8	3,78	96,22
3/4 "	19,1	6,6	44,4	4,44	95,56
3/8 "	9,52	27,7	72,1	7,21	92,79
#4	4,76	56,3	128,4	12,84	87,16
# 8	2,38	51,3	179,7	17,97	82,03
# 10	2	13,6	193,3	19,33	80,67
# 16	1,19	38,1	231,4	23,14	76,86
# 30	0,595	66,4	297,8	29,78	70,22
# 40	0,42	65,5	363,3	36,33	63,67
# 50	0,297	43,7	407	40,7	59,3
# 60	0,25	37,1	444,1	44,41	55,59
# 100	0,149	155,3	599,4	59,94	40,06
# 200	0,074	178,8	778,2	77,82	22,18

FUENTE	0,03	221,8	221,8	22,18	0,00
--------	------	-------	-------	-------	------



COEFICIENTES DEL SUELO		
Diámetro Efectivo (D10)		0,035 mm
Diámetro Equiparable (D30)		0,11 mm
Diámetro Dimensional (D60)		0,30 mm
Coficiente de Uniformidad (Cu)		8,571
Coficiente de Curvatura (Cc)		0,952
Tamaño Nominal Máximo (TNM)		9,520 mm

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 108. Ensayo Granulométrico # 9



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



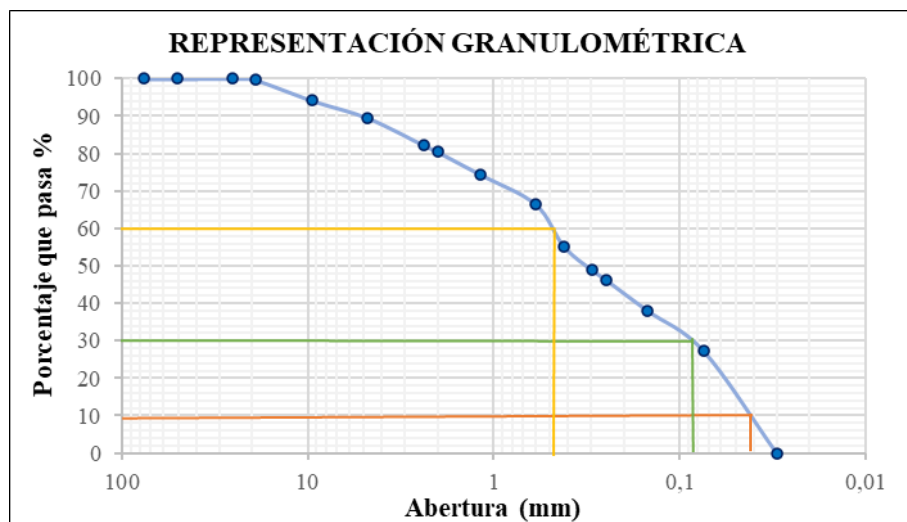
Provincia: Tungurahua
Cantón: Pelileo
Parroquia: Cotaló
Sector: San Andrés de Pillate
Normas: AASHTO T 88 2013

Proyecto: Tesis de Grado
Ensayado por: Carvajal Villacres
Lisett
Número de muestra: 1
Coordenadas: X: 776266
Y: 9839213

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Peso Seco (g)	1000
----------------------	------

Tamiz #	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Acumulado(g)	% Ret. Acumulado	% Que Pasa
3"	76,2	0	0	0	100
2"	50,8	0	0	0	100
1"	25,4	0	0	0	100
3/4 "	19,1	3,8	3,8	0,38	99,62
3/8 "	9,52	54,4	58,2	5,82	94,18
#4	4,76	46,7	104,9	10,49	89,51
# 8	2,38	73	177,9	17,79	82,21
# 10	2	18	195,9	19,59	80,41
# 16	1,19	59,2	255,1	25,51	74,49
# 30	0,595	80,2	335,3	33,53	66,47
# 40	0,42	112,3	447,6	44,76	55,24
# 50	0,297	63,1	510,7	51,07	48,93
# 60	0,25	26	536,7	53,67	46,33
# 100	0,149	82,7	619,4	61,94	38,06
# 200	0,074	108,3	727,7	72,77	27,23
FUENTE	0,03	272,3	272,3	27,23	0,00



COEFICIENTES DEL SUELO	
Diámetro Efectivo (D10)	0,033 mm
Diámetro Equiparable (D30)	0,084 mm
Diámetro Dimensional (D60)	0,48 mm
Coefficiente de Uniformidad (Cu)	14,55
Coefficiente de Curvatura (Cc)	0,45
Tamaño Nominal Máximo (TNM)	9,520 mm

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 109. Ensayo Granulométrico # 10



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



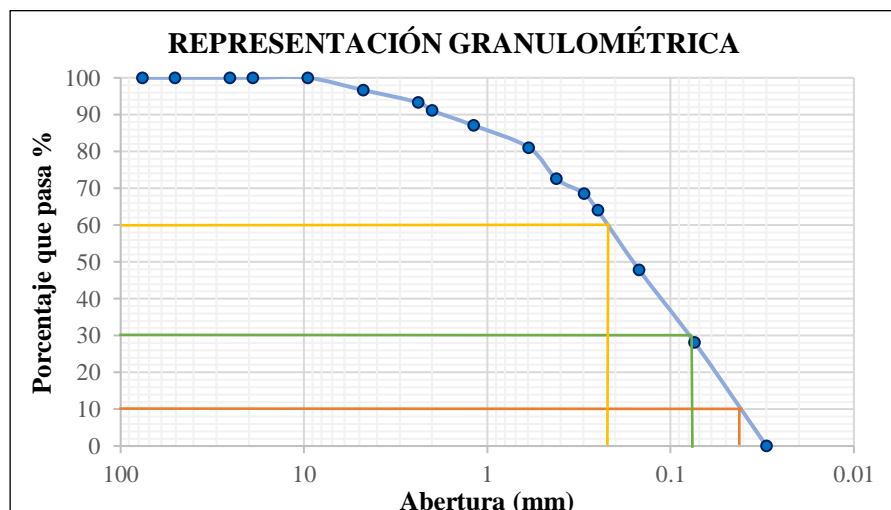
Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: San Andrés de Pillate
 Normas: AASHTO T 88 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 776206
 Y: 9839304

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Peso Seco (g)	1000
----------------------	------

Tamiz #	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Acumulado(g)	% Ret. Acumulado	% Que Pasa
3"	76,2	0	0	0	100
2"	50,8	0	0	0	100
1"	25,4	0	0	0	100
3/4 "	19,1	0	0	0	100
3/8 "	9,52	0	0	0	100
#4	4,76	33,3	33,3	3,33	96,67
# 8	2,38	33,6	66,9	6,69	93,31
# 10	2	22	88,9	8,89	91,11
# 16	1,19	40,3	129,2	12,92	87,08
# 30	0,595	59,9	189,1	18,91	81,09
# 40	0,42	85,3	274,4	27,44	72,56
# 50	0,297	39,2	313,6	31,36	68,64
# 60	0,25	46,3	359,9	35,99	64,01
# 100	0,149	161	520,9	52,09	47,91
# 200	0,074	197,7	718,6	71,86	28,14
FUENTE	0,03	281,4	281,4	28,14	0



COEFICIENTES DEL SUELO		
Diámetro Efectivo (D10)		0,042 mm
Diámetro Equiparable (D30)		0,078 mm
Diámetro Dimensional (D60)		0,22 mm
Coefficiente de Uniformidad (Cu)		5,238
Coefficiente de Curvatura (Cc)		0,658
Tamaño Nominal Máximo (TNM)		2,38 mm

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 110. Ensayo Granulométrico # 11



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



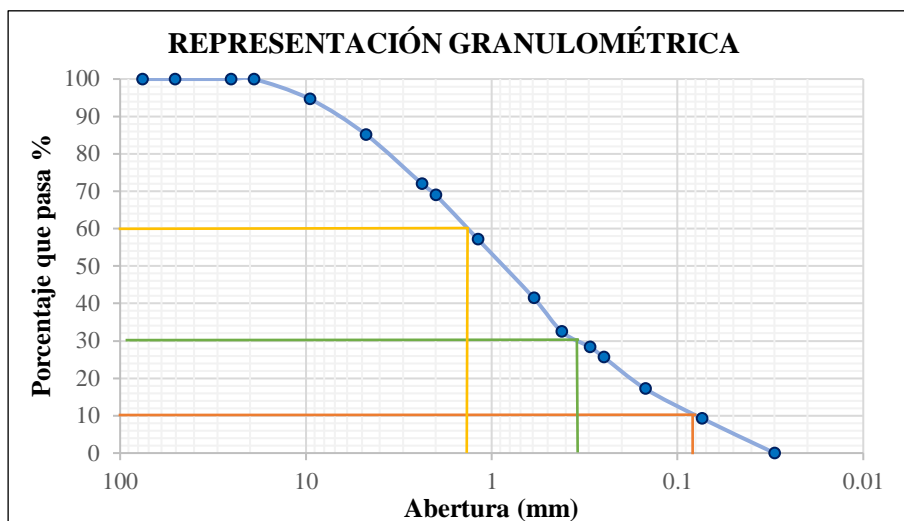
Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Chanchaloma
 Normas: AASHTO T 88 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 778305
 Y: 9844955

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Peso Seco (g)	1000
----------------------	------

Tamiz #	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Acumulado(g)	% Ret. Acumulado	% Que Pasa
3"	76,2	0	0	0	100
2"	50,8	0	0	0	100
1"	25,4	0	0	0	100
3/4 "	19,1	0	0	0	100
3/8 "	9,52	53,5	53,5	5,35	94,65
#4	4,76	94,7	148,2	14,82	85,18
# 8	2,38	131,5	279,7	27,97	72,03
# 10	2	30,5	310,2	31,02	68,98
# 16	1,19	117,6	427,8	42,78	57,22
# 30	0,595	157,3	585,1	58,51	41,49
# 40	0,42	90,2	675,3	67,53	32,47
# 50	0,297	40,6	715,9	71,59	28,41
# 60	0,25	27,3	743,2	74,32	25,68
# 100	0,149	84,8	828	82,8	17,2
# 200	0,074	79,3	907,3	90,73	9,27
FUENTE	0,03	92,7	92,7	9,27	0,00



COEFICIENTES DEL SUELO	
Diámetro Efectivo (D10)	0,081 mm
Diámetro Equiparable (D30)	0,35 mm
Diámetro Dimensional (D60)	1,40 mm
Coefficiente de Uniformidad (Cu)	17,284
Coefficiente de Curvatura (Cc)	1,080
Tamaño Nominal Máximo (TNM)	9,52 mm

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 111. Ensayo Granulométrico # 12



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Chanchaloma
 Normas: AASHTO T 88 2013

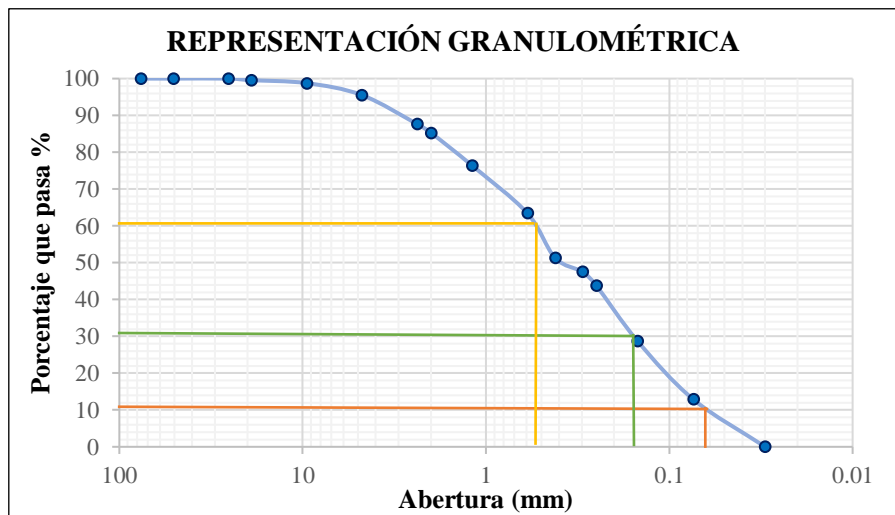
Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 777967
 Y: 9844885

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Peso Seco (g)	1000
----------------------	------

Tamiz #	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Peso Retenido Acumulado(g)	% Ret. Acumulado	% Que Pasa
3"	76,2	0	0	0	100

2"	50,8	0	0	0	100
1"	25,4	0	0	0	100
3/4 "	19,1	4,3	4,3	0,43	99,57
3/8 "	9,52	8	12,3	1,23	98,77
#4	4,76	32,3	44,6	4,46	95,54
# 8	2,38	78,8	123,4	12,34	87,66
# 10	2	23,5	146,9	14,69	85,31
# 16	1,19	89,4	236,3	23,63	76,37
# 30	0,595	129,3	365,6	36,56	63,44
# 40	0,42	121,2	486,8	48,68	51,32
# 50	0,297	38,1	524,9	52,49	47,51
# 60	0,25	37,5	562,4	56,24	43,76
# 100	0,149	150,5	712,9	71,29	28,71
# 200	0,074	158,2	871,1	87,11	12,89
FUENTE	0,03	128,9	128,9	12,89	0,00



COEFICIENTES DEL SUELO	
Diámetro Efectivo (D10)	0,062 mm
Diámetro Equiparable (D30)	0,17 mm
Diámetro Dimensional (D60)	0,54 mm
Coefficiente de Uniformidad (Cu)	8,707
Coefficiente de Curvatura (Cc)	0,863
Tamaño Nominal Máximo (TNM)	2,38 mm

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 112. Ensayo de Compactación Proctor # 1



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



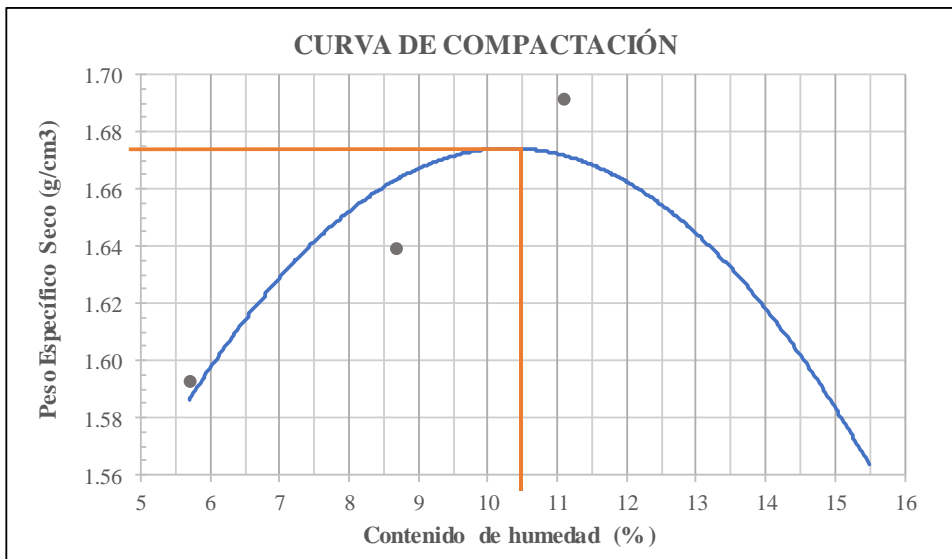
Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: Surangay
 Normas: AASHTO T 180 2018

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 775556
 Y: 9844861

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
Nº de Golpes:	56	Altura de Caída:	18	pulg	Peso Martillo:	10	lb	
Nº de Capas:	5	Peso del Molde:	16692.2	lb	Volumen Molde:	2316.56	cm ³	
Energía de Compactación:	671832			lb*pie/pie ³				
Ensayo número	1	2	3	4				
Peso inicial deseado (g)	6000	6000	6000	6000				
Humedad inicial añadida (%)	4	8	12	15				
Peso molde + suelo húmedo (g)	20593.09	20819.89	21046.69	20865.2				
Peso suelo húmedo (g)	3900.9	4127.69	4354.49	4173				
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	1.684	1.782	1.880	1.801				
Peso unitario seco γ_d (g/cm ³)	1.593	1.640	1.692	1.560				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente número	4	5	7	9	11	17	18	20
Recipiente + suelo húmedo (g)	79	86.1	83.6	76.5	89.3	86.5	90.7	96.4
Recipiente + suelo seco (g)	75.1	82.2	77.9	70.9	80.8	79.4	79.4	85.1
Peso recipiente (g)	9.9	9.9	9.9	8.5	9.9	9.9	8.5	9.9
Peso agua (g)	3.90	3.90	5.70	5.60	8.50	7.10	11.30	11.30
Peso suelo seco (g)	65.20	72.30	68.00	62.40	70.90	69.50	70.90	75.20
Contenido de humedad w%	5.98	5.39	8.38	8.97	11.99	10.22	15.94	15.03
Contenido promedio w%	5.69		8.68		11.10		15.48	
Grado compactación Gc%	95.82							

Densidad Seca Máxima	1.675	g/cm ³
Humedad Óptima	10.50	%



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 113. Ensayo de Compactación Proctor # 2



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



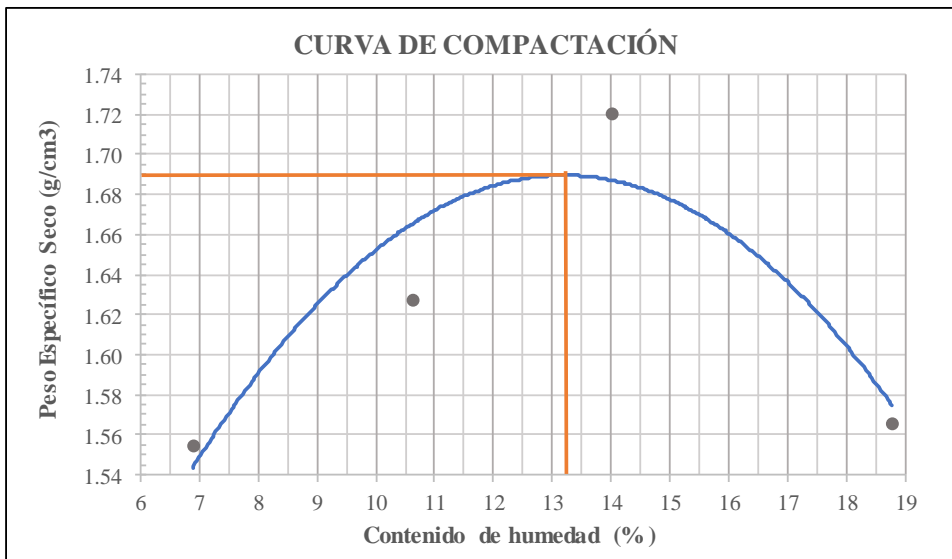
Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: Surangay
 Normas: AASHTO T 180 2018

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 775705
 Y: 9844294

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
Nº de Golpes:	56	Altura de Caída:	18	pulg	Peso Martillo:	10	lb	
Nº de Capas:	5	Peso del Molde:	#####	lb	Volumen Molde:	2316.56	cm ³	
Energía de Compactación:	671832			lb*pie/pie ³				
Ensayo número	1	2	3	4				
Peso inicial deseado (g)	6000	6000	6000	6000				
Humedad inicial añadida (%)	6	10	14	18				
Peso molde + suelo húmedo (g)	20543.1	20865.2	21237.4	21001.3				
Peso suelo húmedo (g)	3850.9	4173	4545.2	4309.1				
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	1.662	1.801	1.962	1.860				
Peso unitario seco γ_d (g/cm ³)	1.555	1.628	1.721	1.566				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente número	C1	M2	C7	M1	AP2	H4	H2	H3
Recipiente + suelo húmedo (g)	123.3	126.2	109.6	114.8	168.7	140.3	150.3	151.7
Recipiente + suelo seco (g)	117.7	120.5	102.1	107.7	151.7	127.6	130.4	134.6
Peso recipiente (g)	38.3	35.4	35.4	36.9	32.6	35.4	32.6	35.4
Peso agua (g)	5.60	5.70	7.50	7.10	17.00	12.70	19.90	17.10
Peso suelo seco (g)	79.40	85.10	66.70	70.80	119.10	92.20	97.80	99.20
Contenido de humedad w%	7.05	6.70	11.24	10.03	14.27	13.77	20.35	17.24
Contenido promedio w%	6.88		10.64		14.02		18.79	
Grado compactación Gc%	94.00							

Densidad Seca Máxima	1.691	g/cm ³
Humedad Óptima	13.25	%



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 114. Ensayo de Compactación Proctor # 3



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



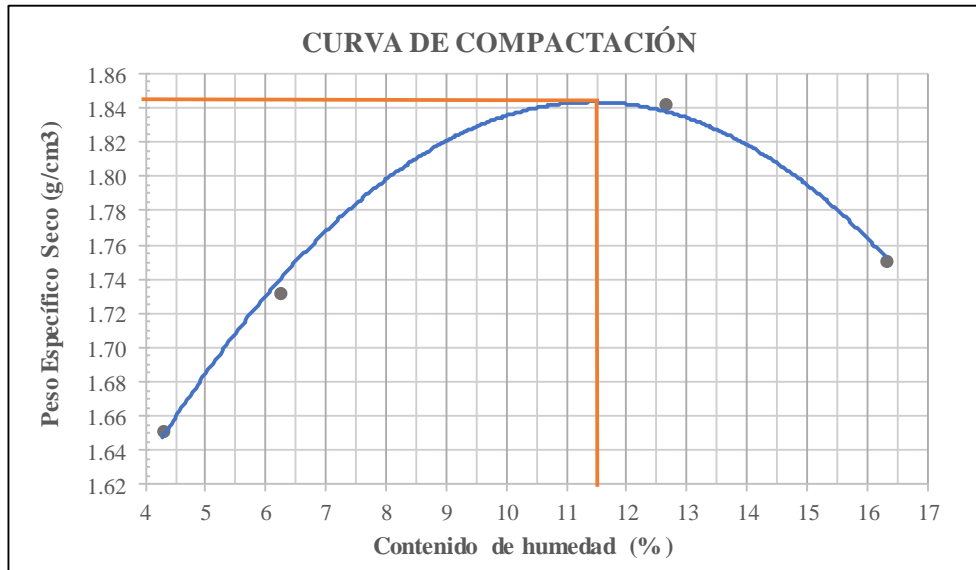
Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: San Francisco de Asís
 Normas: AASHTO T 180 2018

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776163
 Y: 9845992

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
Nº de Golpes:	56	Altura de Caída:	18	pulg	Peso Martillo:	10	lb	
Nº de Capas:	5	Peso del Molde:	16692.2	lb	Volumen Molde:	2316.56	cm3	
Energía de Compactación:	671832			lb*pie/pie3				
Ensayo número	1	2	3	4				
Peso inicial deseado (g)	6000	6000	6000	6000				
Humedad inicial añadida (%)	4	6	12	16				
Peso molde + suelo húmedo (g)	20683.8	20955.8	21500.3	21409.6				
Peso suelo húmedo (g)	3991.6	4263.6	4808.1	4717.4				
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm3)	1.723	1.840	2.076	2.036				
Peso unitario seco γ_d (g/cm3)	1.652	1.732	1.843	1.751				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente número	AP1	AP7	10A	23A	AP8	AP10	AP6	11
Recipiente + suelo húmedo (g)	89.3	99.2	86.5	72.3	87.9	83.6	110.6	120.5
Recipiente + suelo seco (g)	86.5	94.9	80.8	69.5	79.4	75.1	96.4	104.9
Peso recipiente (g)	8.5	8.5	8.5	8.5	9.9	9.9	9.9	8.5
Peso agua (g)	2.80	4.30	5.70	2.80	8.50	8.50	14.20	15.60
Peso suelo seco (g)	78.00	86.40	72.30	61.00	69.50	65.20	86.50	96.40
Contenido de humedad w%	3.59	4.98	7.88	4.59	12.23	13.04	16.42	16.18
Contenido promedio w%	4.28		6.24		12.63		16.30	
Grado compactación Gc%	94.68							

Densidad Seca Máxima	1.846	g/cm3
Humedad Óptima	11.50	%



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 115. Ensayo de Compactación Proctor # 4



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



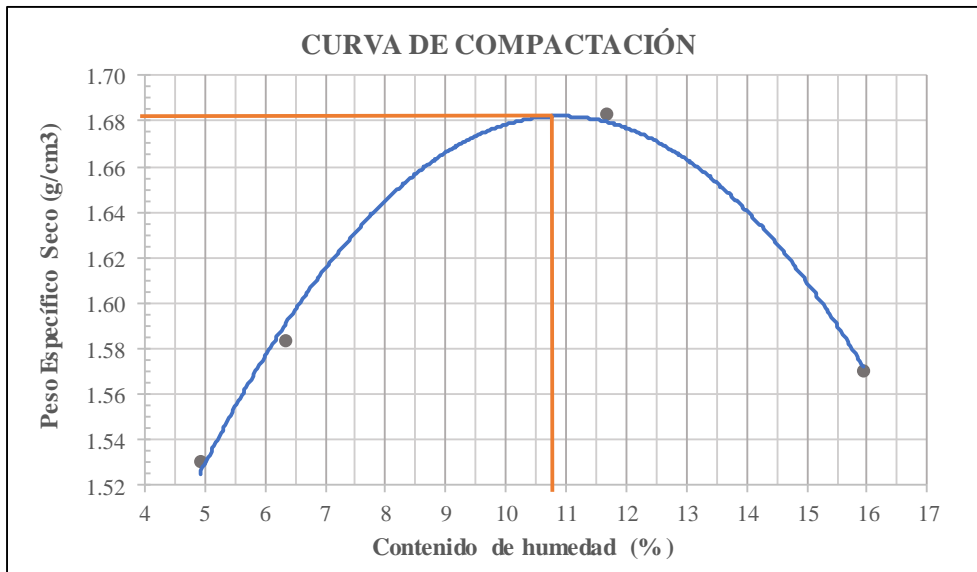
Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: San Francisco de Asís
 Normas: AASHTO T 180 2018

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 776762
 Y: 9845606

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
Nº de Golpes:	56	Altura de Caída:	18	pulg	Peso Martillo:	10	lb	
Nº de Capas:	5	Peso del Molde:	16692.2	lb	Volumen Molde:	2316.56	cm ³	
Energía de Compactación:	671832				lb*pie/pie ³			
Ensayo número	1	2	3	4				
Peso inicial deseado (g)	6000	6000	6000	6000				
Humedad inicial añadida (%)	4	6	10	14				
Peso molde + suelo húmedo (g)	20411.7	20593.1	21046.7	20910.6				
Peso suelo húmedo (g)	3719.5	3900.9	4354.5	4218.4				
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	1.606	1.684	1.880	1.821				
Peso unitario seco γ_d (g/cm ³)	1.530	1.583	1.683	1.571				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente número	CL1	C5	C10	C9	14	8	6	19
Recipiente + suelo húmedo (g)	124.7	127.6	89.3	148.8	86.5	79.4	87.9	83.6
Recipiente + suelo seco (g)	120.5	123.3	85.1	143.2	78.0	72.3	76.5	73.7
Peso recipiente (g)	35.4	35.4	29.8	29.8	8.5	8.5	8.5	8.5
Peso agua (g)	4.25	4.25	4.25	5.67	8.51	7.09	11.34	9.92
Peso suelo seco (g)	85.05	87.88	55.28	113.40	69.46	63.79	68.04	65.21
Contenido de humedad w%	5.00	4.84	7.69	5.00	12.25	11.11	16.67	15.21
Contenido promedio w%	4.92		6.34		11.68		15.94	
Grado compactación G _c %	94.58							

Densidad Seca Máxima	1.682	g/cm ³
Humedad Óptima	10.80	%



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 116. Ensayo de Compactación Proctor # 5



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



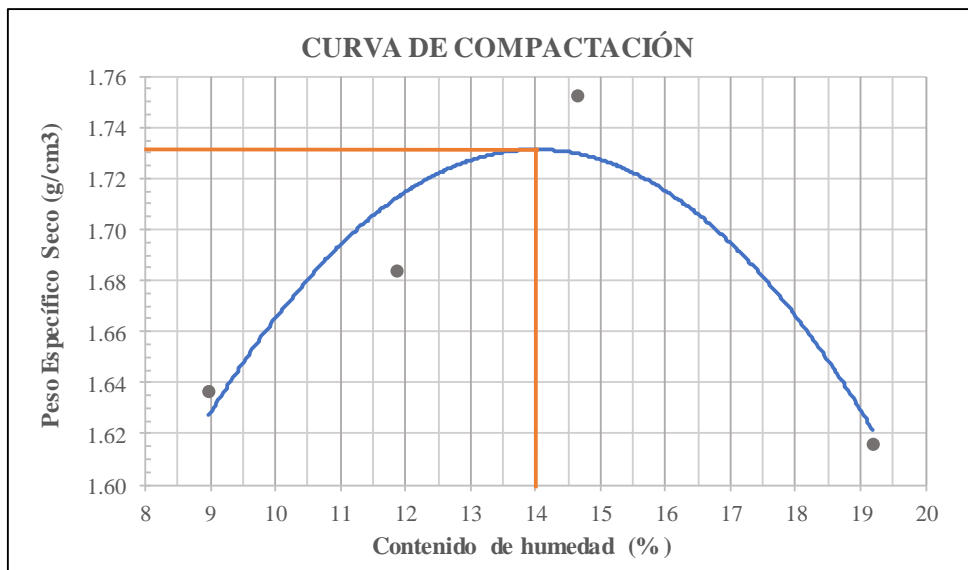
Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: La Florida
 Normas: AASHTO T 180 2018

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776109
 Y: 9848469

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO									
Nº de Golpes:	56	Altura de Caída:	18	pulg	Peso Martillo:	10	lb		
Nº de Capas:	5	Peso del Molde:	16692.2	lb	Volumen Molde:	2316.56	cm ³		
Energía de Compactación:	671832			lb*pie/pie ³					
Ensayo número	1	2	3	4					
Peso inicial deseado (g)	6000	6000	6000	6000					
Humedad inicial añadida (%)	6	10	14	18					
Peso molde + suelo húmedo (g)	20824.5	21057	21346.7	21155.9					
Peso suelo húmedo (g)	4132.3	4364.8	4654.5	4463.7					
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	1.784	1.884	2.009	1.927					
Peso unitario seco γ_d (g/cm ³)	1.637	1.684	1.752	1.617					
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Recipiente número	1A	2A	3A	T1	T2	L23	13	16	
Recipiente + suelo húmedo (g)	109.4	106.9	68	63.8	89.3	86.5	106.3	99.2	
Recipiente + suelo seco (g)	103.5	100.5	60.4	59.5	79.4	76.5	91.1	84.1	
Peso recipiente (g)	33.1	33.6	9.9	9.9	8.5	11.3	8.5	8.5	
Peso agua (g)	5.90	6.40	7.60	4.30	9.90	10.00	15.20	15.10	
Peso suelo seco (g)	70.40	66.90	50.50	49.60	70.90	65.20	82.60	75.60	
Contenido de humedad w%	8.38	9.57	15.05	8.67	13.96	15.34	18.40	19.97	
Contenido promedio w%	8.97		11.86		14.65		19.19		
Grado compactación Gc%					95.44				

Densidad Seca Máxima	1.731	g/cm ³
Humedad Óptima	14.00	%



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 117. Ensayo de Compactación Proctor # 6



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



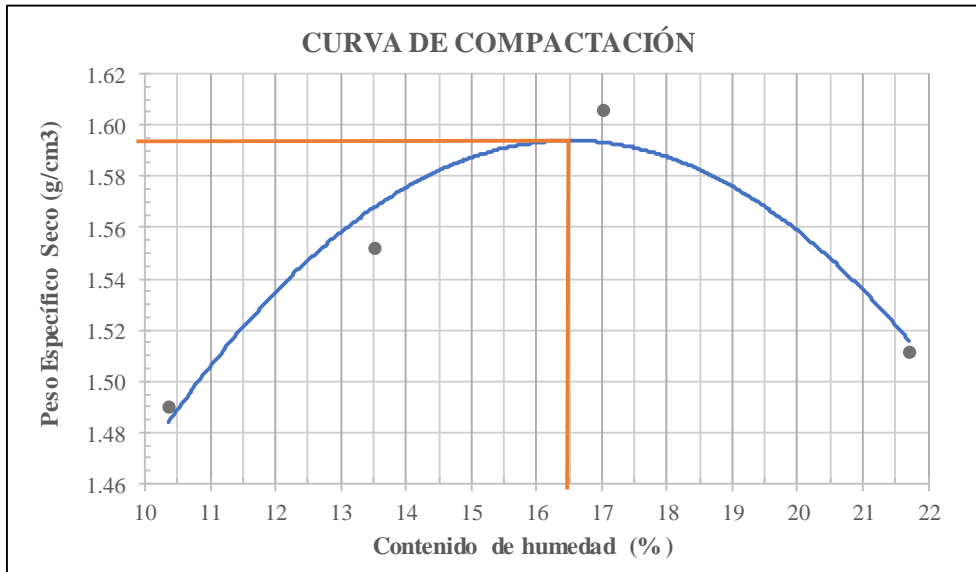
Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: La Florida
 Normas: AASHTO T 180 2018

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 775673
 Y: 9848597

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
Nº de Golpes:	56	Altura de Caída:	18	pulg	Peso Martillo:	10	lb	
Nº de Capas:	5	Peso del Molde:	16692.2	lb	Volumen Molde:	2316.56	cm ³	
Energía de Compactación:	671832				lb*pie/pie ³			
Ensayo número	1	2	3	4				
Peso inicial deseado (g)	6000	6000	6000	6000				
Humedad inicial añadida (%)	9	12	16	20				
Peso molde + suelo húmedo (g)	20502.4	20774.5	21046.7	20956.0				
Peso suelo húmedo (g)	3810.2	4082.3	4354.5	4263.77				
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	1.645	1.762	1.880	1.841				
Peso unitario seco γ_d (g/cm ³)	1.490	1.552	1.606	1.512				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente número	8	14	AP5	L20	6	19	20	22
Recipiente + suelo húmedo (g)	96.6	99.4	93.6	114.8	103.5	95	97.4	104.5
Recipiente + suelo seco (g)	88.1	91.1	83.6	102.5	89.7	82.6	81.6	87.3
Peso recipiente (g)	8.5	8.5	9.9	11.3	8.5	9.9	8.5	8.5
Peso agua (g)	8.50	8.30	10.00	12.30	13.80	12.40	15.80	17.20
Peso suelo seco (g)	79.60	82.60	73.70	91.20	81.20	72.70	73.10	78.80
Contenido de humedad w%	10.68	10.05	13.57	13.49	17.00	17.06	21.61	21.83
Contenido promedio w%	10.36		13.53		17.03		21.72	
Grado compactación Gc%	95.89							

Densidad Seca Máxima	1.594	g/cm ³
Humedad Óptima	16.50	%



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 118. Ensayo de Compactación Proctor # 7



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



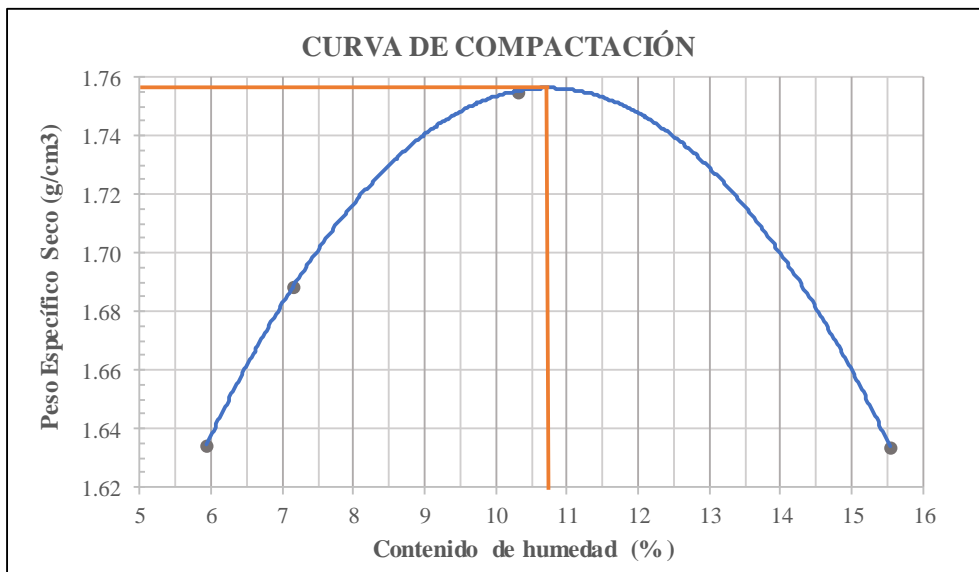
Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Perezpamba
 Normas: AASHTO T 180 2018

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 778080
 Y: 9843652

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
Nº de Golpes:	56	Altura de Caída:	18	pulg	Peso Martillo:	10	lb	
Nº de Capas:	5	Peso del Molde:	16692.2	lb	Volumen Molde:	2316.56	cm ³	
Energía de Compactación:	671832				lb*pie/pie ³			
Ensayo número	1	2	3	4				
Peso inicial deseado (g)	6000	6000	6000	6000				
Humedad inicial añadida (%)	4	6	10	14				
Peso molde + suelo húmedo (g)	20703.1	20884.5	21176.7	21065.9				
Peso suelo húmedo (g)	4010.9	4192.3	4484.5	4373.7				
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	1.731	1.810	1.936	1.888				
Peso unitario seco γ_d (g/cm ³)	1.634	1.689	1.755	1.634				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente número	7	24	5	18	2	L1	L19	L24
Recipiente + suelo húmedo (g)	79.4	76.5	83.6	72.3	69.5	97.8	143.2	117.7
Recipiente + suelo seco (g)	75.5	72.7	77.5	69.1	63.4	90.3	126.6	102.5
Peso recipiente (g)	8.5	9.9	9.9	8.5	8.5	11.3	11.3	11.3
Peso agua (g)	3.90	3.80	6.10	3.20	6.10	7.50	16.60	15.20
Peso suelo seco (g)	67.00	62.80	67.60	60.60	54.90	79.00	115.30	91.20
Contenido de humedad w%	5.82	6.05	9.02	5.28	11.11	9.49	14.40	16.67
Contenido promedio w%	5.94		7.15		10.30		15.53	
Grado compactación Gc%	95.62							

Densidad Seca Máxima	1.755	g/cm ³
Humedad Óptima	10.75	%



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 119. Ensayo de Compactación Proctor # 8



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



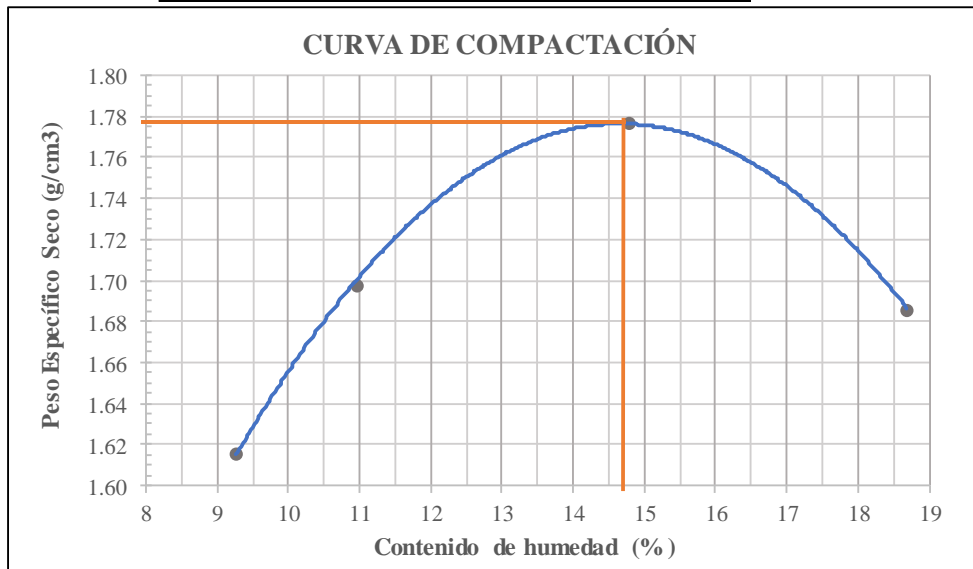
Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Perezpamba
 Normas: AASHTO T 180 2018

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 778482
 Y: 9843335

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
Nº de Golpes:	56	Altura de Caída:	18	pulg	Peso Martillo:	10	lb	
Nº de Capas:	5	Peso del Molde:	16692.2	lb	Volumen Molde:	2316.56	cm ³	
Energía de Compactación:			671832		lb*pie/pie ³			
Ensayo número	1	2	3	4				
Peso inicial deseado (g)	6000	6000	6000	6000				
Humedad inicial añadida (%)	5	9	13	17				
Peso molde + suelo húmedo (g)	20783.8	21055.9	21418.8	21328.1				
Peso suelo húmedo (g)	4091.6	4363.7	4726.6	4635.9				
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	1.766	1.884	2.040	2.001				
Peso unitario seco γ_d (g/cm ³)	1.616	1.698	1.778	1.686				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente número	CL3	HI	C8	B1	AP1	CL4	B2	CL2
Recipiente + suelo húmedo (g)	137.2	135.7	119.1	106.3	188.5	131.8	178.6	181.4
Recipiente + suelo seco (g)	127	128.4	109.6	99.6	167.7	119.5	154.9	159.2
Peso recipiente (g)	32.6	34	29.8	32.6	32.6	32.6	35.4	32.6
Peso agua (g)	10.20	7.30	9.50	6.70	20.80	12.30	23.70	22.20
Peso suelo seco (g)	94.40	94.40	79.80	67.00	135.10	86.90	119.50	126.60
Contenido de humedad w%	10.81	7.73	11.90	10.00	15.40	14.15	19.83	17.54
Contenido promedio w%	9.27		10.95		14.78		18.68	
Grado compactación Gc%	95.32							

Densidad Seca Máxima	1.778	g/cm ³
Humedad Óptima	14.70	%



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 120. Ensayo de Compactación Proctor # 9



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



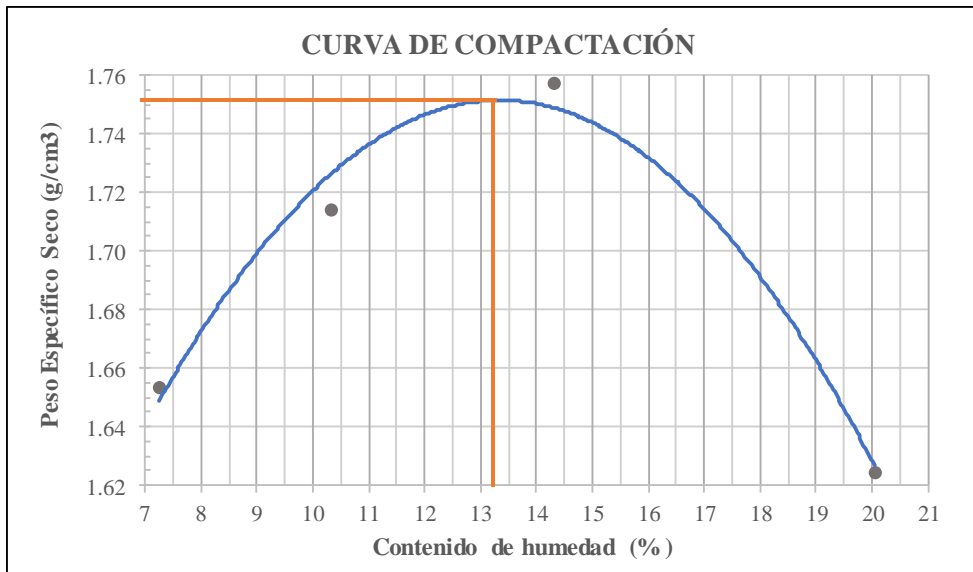
Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: San Andrés de Pillate
 Normas: AASHTO T 180 2018

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776266
 Y: 9838213

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
Nº de Golpes:	56	Altura de Caída:	18 pulg	Peso Martillo:	10 lb			
Nº de Capas:	5	Peso del Molde:	16592.2 lb	Volumen Molde:	2316.56 cm ³			
Energía de Compactación:	671832				lb*pie/pie ³			
Ensayo número	1	2	3	4				
Peso inicial deseado (g)	6000	6000	6000	6000				
Humedad inicial añadida (%)	5	9	13	19				
Peso molde + suelo húmedo (g)	20702.4	20974.5	21246.7	21110.6				
Peso suelo húmedo (g)	4110.2	4382.3	4654.5	4518.4				
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	1.774	1.892	2.009	1.950				
Peso unitario seco γ_d (g/cm ³)	1.654	1.715	1.757	1.625				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente número	T1	T2	13	16	1	AP3	3A	L23
Recipiente + suelo húmedo (g)	73.3	77.5	75.6	72.8	80.4	77.5	132.8	108.7
Recipiente + suelo seco (g)	69.5	72.3	69.5	66.6	70.9	69.5	110.6	93.6
Peso recipiente (g)	9.9	8.5	8.5	8.5	8.5	9.9	8.5	11.3
Peso agua (g)	3.80	5.20	6.10	6.20	9.50	8.00	22.20	15.10
Peso suelo seco (g)	59.60	63.80	61.00	58.10	62.40	59.60	102.10	82.30
Contenido de humedad w%	6.38	8.15	10.00	10.67	15.22	13.42	21.74	18.35
Contenido promedio w%	7.26		10.34		14.32		20.05	
Grado compactación Gc%	96.03							

Densidad Seca Máxima	1.752	g/cm ³
Humedad Óptima	13.25	%



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 121. Ensayo de Compactación Proctor # 10



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



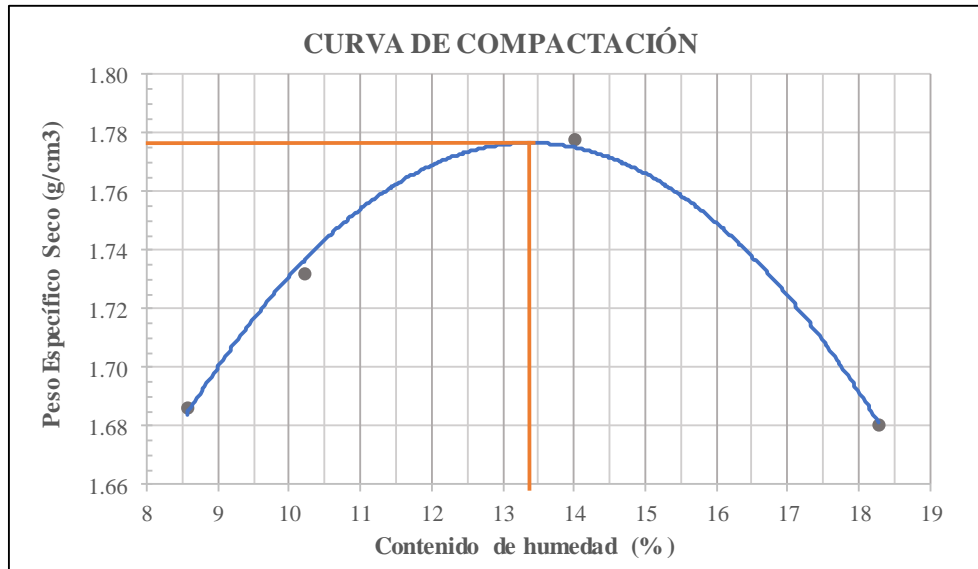
Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: San Andrés de Pillate
 Normas: AASHTO T 180 2018

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 776206
 Y: 9839304

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO										
Nº de Golpes:	56	Altura de Caída:	18	pulg	Peso Martillo:	10	lb			
Nº de Capas:	5	Peso del Molde:	16692.2	lb	Volumen Molde:	2316.56	cm ³			
Energía de Compactación:		671832			lb*pie/pie ³					
Ensayo número		1	2	3	4					
Peso inicial deseado (g)		6000	6000	6000	6000					
Humedad inicial añadida (%)		6	10	14	18					
Peso molde + suelo húmedo (g)		20933.8	21115.2	21387.4	21296.7					
Peso suelo húmedo (g)		4241.6	4423	4695.2	4604.5					
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)		1.831	1.909	2.027	1.988					
Peso unitario seco γ_d (g/cm ³)		1.687	1.732	1.778	1.681					
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Recipiente número		L21	L22	4	17	12	15	L2	L3	
Recipiente + suelo húmedo (g)		107.8	114.9	87.6	79.1	98.8	80.4	148.4	144.2	
Recipiente + suelo seco (g)		100.6	106.3	81.3	71.8	87.5	71.9	127.6	123.3	
Peso recipiente (g)		11.3	11.3	8.5	9.9	8.5	9.9	11.3	11.3	
Peso agua (g)		7.20	8.60	6.30	7.30	11.30	8.50	20.80	20.90	
Peso suelo seco (g)		89.30	95.00	72.80	61.90	79.00	62.00	116.30	112.00	
Contenido de humedad w%		8.06	9.05	8.65	11.79	14.30	13.71	17.88	18.66	
Contenido promedio w%		8.56		10.22		14.01		18.27		
Grado compactación Gc%		96.71								

Densidad Seca Máxima	1.776	g/cm ³
Humedad Óptima	13.40	%



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 122. Ensayo de Compactación Proctor # 11



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



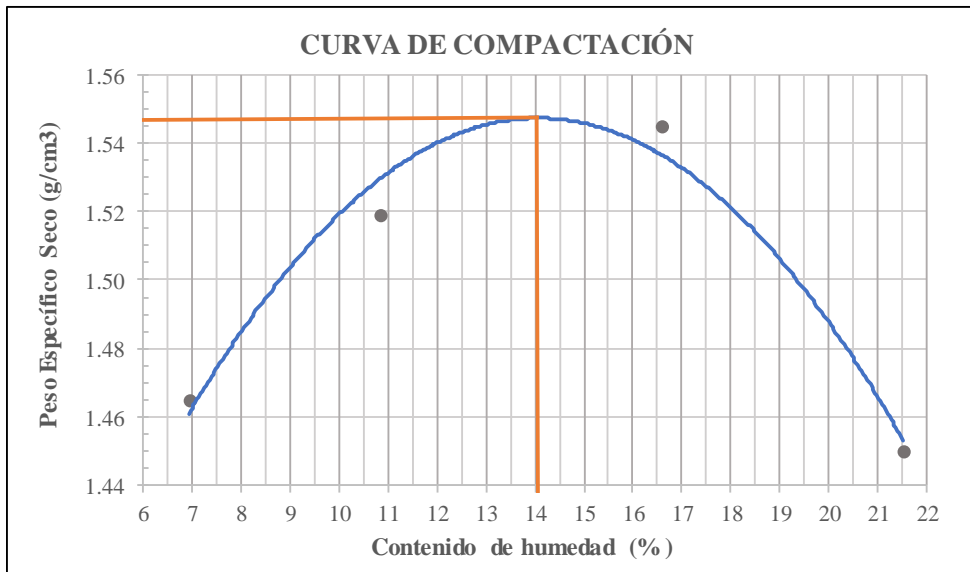
Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Chanchaloma
 Normas: AASHTO T 180 2018

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 778305
 Y: 9844955

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
Nº de Golpes:	56	Altura de Caída:	18	pulg	Peso Martillo:	10	lb	
Nº de Capas:	5	Peso del Molde:	16692.2	lb	Volumen Molde:	2316.56	cm ³	
Energía de Compactación:			671832 lb*pie/pie ³					
Ensayo número	1	2	3	4				
Peso inicial deseado (g)	6000	6000	6000	6000				
Humedad inicial añadida (%)	5	9	13	17				
Peso molde + suelo húmedo (g)	20320.9	20593.1	20865.2	20774.5				
Peso suelo húmedo (g)	3628.7	3900.9	4173	4082.3				
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	1.566	1.684	1.801	1.762				
Peso unitario seco γ_d (g/cm ³)	1.465	1.520	1.545	1.450				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente número	AP2	AP9	AP4	21	9	AP11	6LL	4LL
Recipiente + suelo húmedo (g)	87.5	97.4	78.9	84.4	84.6	84.6	104.5	90.3
Recipiente + suelo seco (g)	82.6	91.6	71.8	77.4	74.6	73.2	88.8	78.9
Peso recipiente (g)	9.9	9.9	9.9	8.5	8.5	9.9	21.3	21.3
Peso agua (g)	4.90	5.80	7.10	7.00	10.00	11.40	15.70	11.40
Peso suelo seco (g)	72.70	81.70	61.90	68.90	66.10	63.30	67.50	57.60
Contenido de humedad w%	6.74	7.10	11.47	10.16	15.13	18.01	23.26	19.79
Contenido promedio w%	6.92		10.81		16.57		21.53	
Grado compactación Gc%	96.74							

Densidad Seca Máxima	1.546	g/cm ³
Humedad Óptima	14.00	%



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 123. Ensayo de Compactación Proctor # 12



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



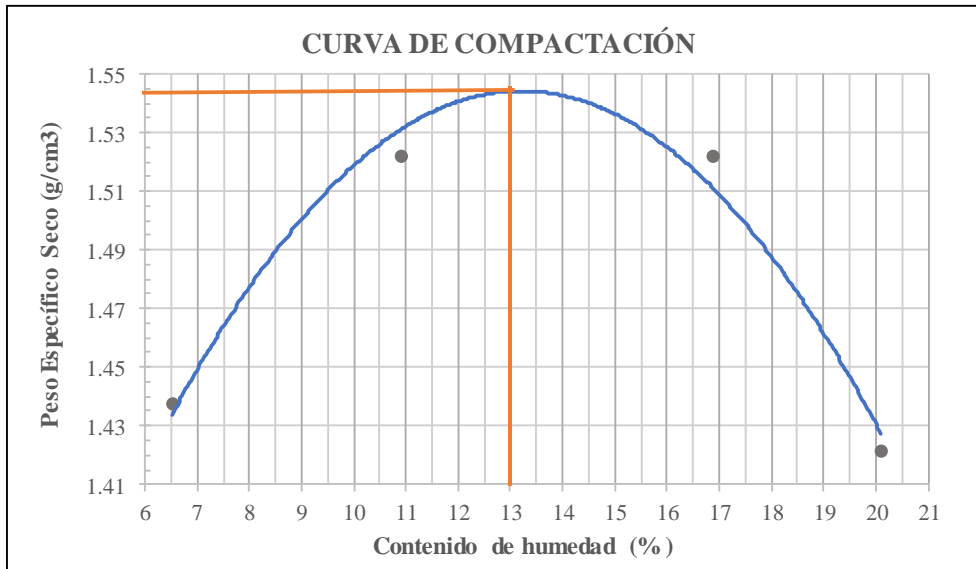
Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Chanchaloma
 Normas: AASHTO T 180 2018

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 777967
 Y: 9844885

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO								
Nº de Golpes:	56	Altura de Caída:	18	pulg	Peso Martillo:	10	lb	
Nº de Capas:	5	Peso del Molde:	16692.2	lb	Volumen Molde:	2316.56	cm ³	
Energía de Compactación:	671832				lb*pie/pie ³			
Ensayo número	1	2	3	4				
Peso inicial deseado (g)	6000	6000	6000	6000				
Humedad inicial añadida (%)	5	9	13	18				
Peso molde + suelo húmedo (g)	20239.5	20602.4	20813.8	20647.7				
Peso suelo húmedo (g)	3547.3	3910.2	4121.6	3955.5				
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	1.531	1.688	1.779	1.707				
Peso unitario seco γ_d (g/cm ³)	1.438	1.522	1.522	1.422				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Recipiente número	2	12	15	21	24	10A	L2	L22
Recipiente + suelo húmedo (g)	77.9	79.4	73.3	80.4	77.5	76.1	105.9	110.2
Recipiente + suelo seco (g)	73.7	75.1	66.6	73.7	68.5	65.6	90.4	93.3
Peso recipiente (g)	9.9	8.5	8.5	8.5	9.9	8.5	11.3	11.3
Peso agua (g)	4.20	4.30	6.70	6.70	9.00	10.50	15.50	16.90
Peso suelo seco (g)	63.80	66.60	58.10	65.20	58.60	57.10	79.10	82.00
Contenido de humedad w%	6.58	6.46	11.53	10.28	15.36	18.39	19.60	20.61
Contenido promedio w%	6.52		10.90		16.87		20.10	
Grado compactación Gc%	96.95							

Densidad Seca Máxima	1.544	g/cm ³
Humedad Óptima	13.00	%



Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 124. Ensayo CBR # 1



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



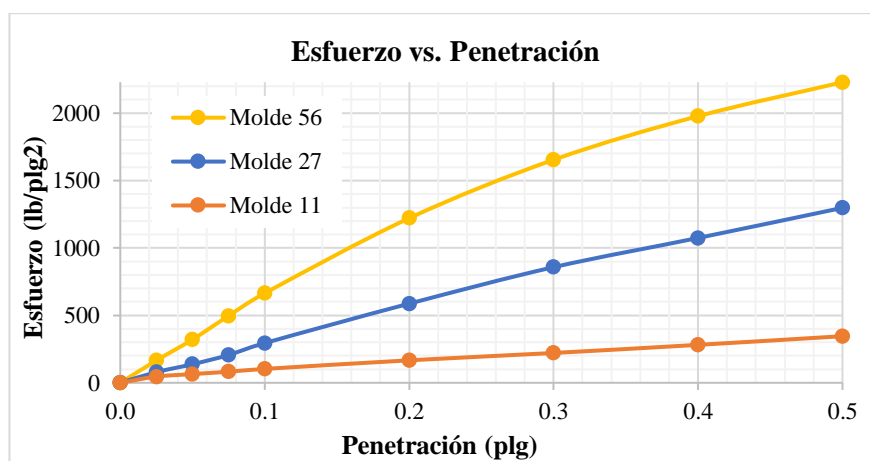
Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: Surangay
 Normas: AASHTO T 193 2013

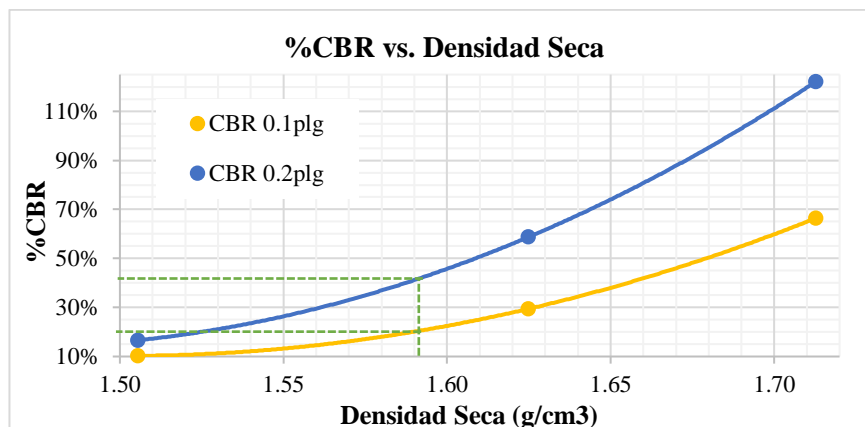
Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 775556
 Y: 9844861

ENSAYO DE C.B.R.

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
Tipo:	Proctor Modificado		Peso del martillo:		10 lb	
Norma:	AASHTO T-180		Altura de caída:		18"	
Peso muestra:	6000		Contenido de humedad óptimo (%)		10.50	
ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.						
MOLDE N°	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Peso molde + Suelo húmedo (g)	13533		12468		12625	
Peso molde (g)	9069		8250		8729	
Peso suelo húmedo (g)	4464		4218		3896	
Volumen de la muestra (cm ³)	2256.39		2304.52		2304.52	
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	1.978		1.830		1.691	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	2B	8	12	13	18	20
Recipiente + suelo húmedo (g)	104	91.1	117.9	118.1	133.7	113.9
Recipiente + suelo seco (g)	95.2	81	107.5	107.4	121.8	104.2
Peso recipiente (g)	24.1	26.8	25.2	22.8	25.7	24.7
Peso agua (g)	8.8	10.1	10.4	10.7	11.9	9.7
Peso suelo seco (g)	71.1	54.2	82.3	84.6	96.1	79.5
Contenido de Humedad (%)	12.38	18.63	12.64	12.65	12.38	12.20
Cont. Humedad Prom (%)	15.51		12.64		12.29	
Peso Unitario Seco γ_d (g/cm ³)	1.713		1.625		1.506	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Peso molde + Suelo húmedo (g)	13693		12729		12971	
Peso molde (g)	9069		8250		8729	
Peso suelo húmedo (g)	4624		4479		4242	
Masa agua absorbida (g)	160		261		346	
Agua absorbida (%)	3.58		6.19		8.88	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	11	14	18	19	24	26
Recipiente + suelo húmedo (g)	106.6	103.2	119.5	119.7	125.5	116.5
Recipiente + suelo seco (g)	92.1	89.1	98.6	99.3	100.3	93.8
Peso recipiente (g)	24.3	25.1	25.2	25.7	24.8	24.1
Peso agua (g)	14.5	14.1	20.9	20.4	25.2	22.7
Peso suelo seco (g)	67.8	64	73.4	73.6	75.5	69.7
Contenido de Humedad (%)	21.39	22.03	28.47	27.72	33.38	32.57
Cont. Humedad Prom (%)	21.71		28.10		32.97	
ENSAYO C.B.R.						
Molde N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	495.6	165.2	236.6	78.87	136.7	45.57
0.050	963.8	321.27	413.1	137.70	193.7	64.57
0.075	1490.1	496.70	618	206.00	246.1	82.03
0.100	1993.3	664.43	883.2	294.40	308.3	102.77
0.200	3663.7	1221.23	1761.3	587.10	499.3	166.43
0.300	4963.8	1654.60	2573.3	857.77	663.6	221.20
0.400	5933.6	1977.87	3223	1074.33	843.9	281.30
0.500	6689.3	2229.77	3893.2	1297.73	1036.6	345.53
PORCENTAJES DE C.B.R. (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	%C.B.R. 0.1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	%C.B.R. 0.2 plg	Densidad seca
1	664.43	66.44%	1.713	1221.23	122.12%	1.713
2	294.4	29.44%	1.625	587.1	58.71%	1.625
3	102.77	10.28%	1.506	166.43	16.64%	1.506
ENSAYO CBR DE LABORATORIO						





Densidad Seca Máxima:	1.675	g/cm ³
-----------------------	-------	-------------------

Densidad Seca Máxima	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg
95%	1.591	20.41
		41.55

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 125. Ensayo CBR # 2



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: Surangay
 Normas: AASHTO T 193 2013

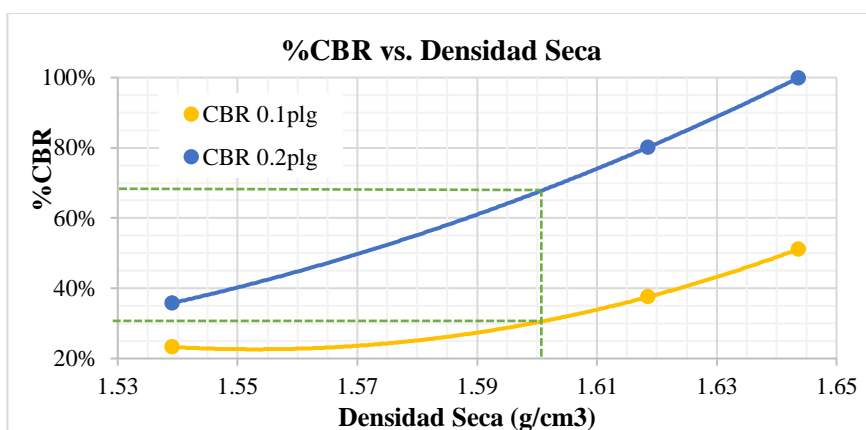
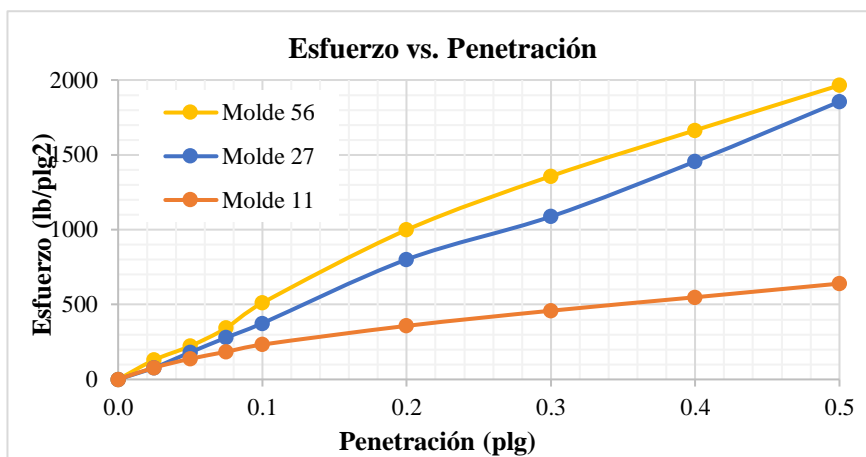
Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 775705
 Y: 9844294

ENSAYO DE C.B.R.

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO			
Tipo:	Proctor Modificado	Peso del martillo:	10 lb
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"
Peso muestra:	6000	Contenido de humedad óptimo (%)	13.25
ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.			
MOLDE N°	1	2	3
N° de Capas	5	5	5
N° de Golpes	56	27	11
DATOS DEL MOLDEO			

Peso molde + Suelo húmedo (g)	12661	13495	10466			
Peso molde (g)	8351	9231	6468			
Peso suelo húmedo (g)	4310	4264	3998			
Volumen de la muestra (cm ³)	2274.3	2274.3	2244.28			
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	1.895	1.875	1.781			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	2	7	6	30	82	100
Recipiente + suelo húmedo (g)	108.9	130.6	123.2	102.8	131.4	147.8
Recipiente + suelo seco (g)	98.7	117.6	111.2	93.2	117.7	131.8
Peso recipiente (g)	31.9	32.8	34.4	33.4	30.6	30.3
Peso agua (g)	10.2	13	12	9.6	13.7	16
Peso suelo seco (g)	66.8	84.8	76.8	59.8	87.1	101.5
Contenido de Humedad (%)	15.27	15.33	15.63	16.05	15.73	15.76
Cont. Humedad Prom (%)	15.30		15.84		15.75	
Peso Unitario Seco γ_d (g/cm ³)	1.644		1.619		1.539	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Peso molde + Suelo húmedo (g)	12914	13974	10929			
Peso molde (g)	8351	9231	6468			
Peso suelo húmedo (g)	4563	4743	4461			
Masa agua absorbida (g)	253	479	463			
Agua absorbida (%)	5.87	11.23	11.58			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	3	4	5	8	9	10
Recipiente + suelo húmedo (g)	108.1	103.8	139.3	136.5	109.4	106.5
Recipiente + suelo seco (g)	92.5	91.6	118.8	113.6	91.5	89.4
Peso recipiente (g)	33.4	32.8	30.6	34.4	31.9	30.3
Peso agua (g)	15.6	12.2	20.5	22.9	17.9	17.1
Peso suelo seco (g)	59.1	58.8	88.2	79.2	59.6	59.1
Contenido de Humedad (%)	26.40	20.75	23.24	28.91	30.03	28.93
Cont. Humedad Prom (%)	23.57		26.08		29.48	
ENSAYO C.B.R.						
Molde N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	390.9	130.3	237.3	79.10	236	78.67
0.050	668.5	222.83	543.2	181.07	413.3	137.77
0.075	1030.2	343.40	838.9	279.63	553.8	184.60
0.100	1533.3	511.10	1125.3	375.10	698.3	232.77
0.200	2996.9	998.97	2403.3	801.10	1073	357.67
0.300	4073.6	1357.87	3263.8	1087.93	1376.6	458.87
0.400	4993.3	1664.43	4368	1456.00	1646.6	548.87
0.500	5893.8	1964.60	5566.3	1855.43	1920.3	640.10
PORCENTAJES DE C.B.R. (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	% C.B.R. 0.1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	% C.B.R. 0.2 plg	Densidad seca
1	511.10	51.11%	1.644	998.97	99.90%	1.644

2	375.10	37.51%	1.619	801.10	80.11%	1.619
3	232.77	23.28%	1.539	357.67	35.77%	1.539
ENSAYO CBR DE LABORATORIO						



Densidad Seca Máxima:	1.691	g/cm3
-----------------------	-------	-------

Densidad Seca Máxima	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg
95%	1.606	31.80
		68.60

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 126. Ensayo CBR # 3



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: San Francisco de Asís
 Normas: AASHTO T 193 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776163
 Y: 9845992

ENSAYO DE C.B.R.

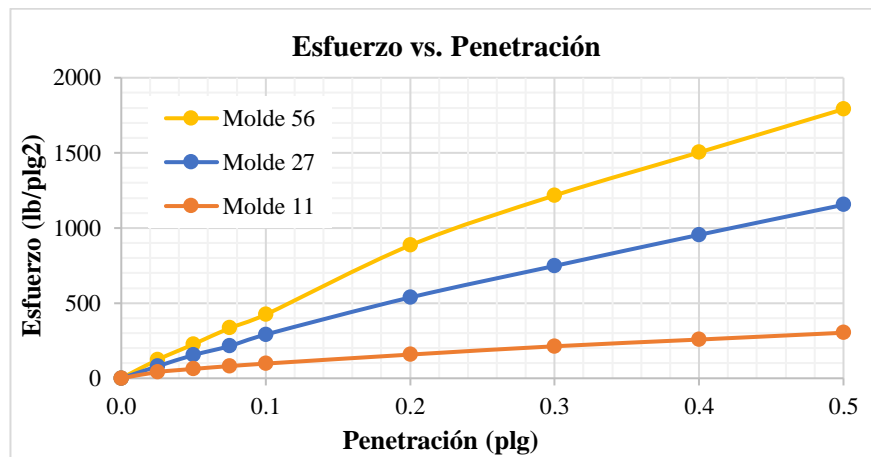
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
Tipo:	Proctor Modificado		Peso del martillo:		10 lb	
Norma:	AASHTO T-180		Altura de caída:		18"	
Peso muestra:	6000		Contenido de humedad óptimo (%)		11.50	
ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.						
MOLDE N°	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Peso molde + Suelo húmedo (g)	11756		12778		13838	
Peso molde (g)	6982		8282		9634	
Peso suelo húmedo (g)	4774		4496		4204	
Volumen de la muestra (cm ³)	2310.11		2274.3		2286.38	
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	2.067		1.977		1.839	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	1A	2	4	17	30	85
Recipiente + suelo húmedo (g)	124.6	121.5	128.7	124.6	122.1	141.3
Recipiente + suelo seco (g)	114.7	111.9	118	114.1	112.4	129.4
Peso recipiente (g)	32.6	32	31.9	31.1	33.5	33.2
Peso agua (g)	9.9	9.6	10.7	10.5	9.7	11.9
Peso suelo seco (g)	82.1	79.9	86.1	83	78.9	96.2
Contenido de Humedad (%)	12.06	12.02	12.43	12.65	12.29	12.37
Cont. Humedad Prom (%)	12.04		12.54		12.33	
Peso Unitario Seco γ_d (g/cm ³)	1.845		1.757		1.637	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Peso molde + Suelo húmedo (g)	11883		12942		14119	
Peso molde (g)	6982		8282		9634	
Peso suelo húmedo (g)	4901		4660		4485	
Masa agua absorbida (g)	127		164		281	
Agua absorbida (%)	2.66		3.65		6.68	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	16	24	27	36	40	42

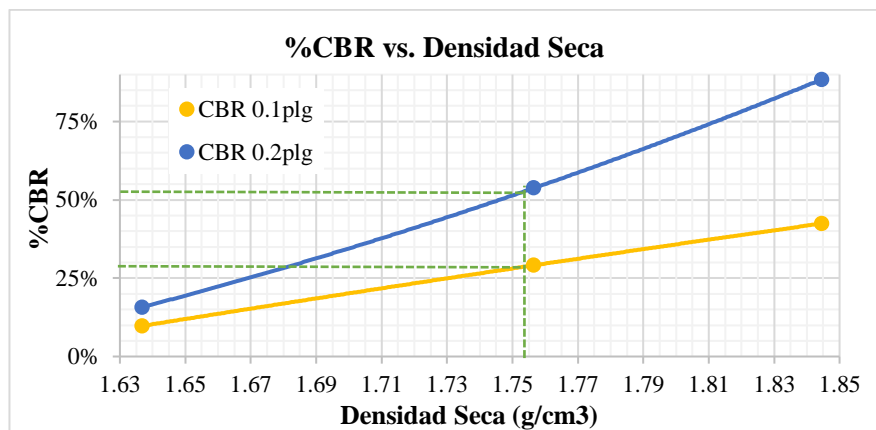
Recipiente + suelo húmedo (g)	115.7	96.1	119.2	108.9	116	125.7
Recipiente + suelo seco (g)	102	85.6	102.4	96.5	101	107.6
Peso recipiente (g)	24.3	24.2	25.2	24.8	24.1	24.9
Peso agua (g)	13.7	10.5	16.8	12.4	15	18.1
Peso suelo seco (g)	77.7	61.4	77.2	71.7	76.9	82.7
Contenido de Humedad (%)	17.63	17.10	21.76	17.29	19.51	21.89
Cont. Humedad Prom (%)	17.37		19.53		20.70	
ENSAYO C.B.R.						
Molde N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	368.6	122.87	238.9	79.63	123.6	41.20
0.050	679.8	226.60	463.8	154.60	187.8	62.60
0.075	1002.8	334.27	643.3	214.43	243.5	81.17
0.100	1273.2	424.40	873.8	291.27	293.3	97.77
0.200	2653.4	884.47	1613.6	537.87	473.3	157.77
0.300	3649.8	1216.60	2243.3	747.77	639.2	213.07
0.400	4509	1503.00	2863.8	954.60	773.4	257.80
0.500	5373.1	1791.03	3462.9	1154.30	909.6	303.20

PORCENTAJES DE C.B.R. (CORREGIDOS)

Molde N°	Presión (lb/plg ²)	% C.B.R. 0.1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	% C.B.R. 0.2 plg	Densidad seca
1	424.40	42.44%	1.845	884.47	88.45%	1.845
2	291.27	29.13%	1.757	537.87	53.79%	1.757
3	97.77	9.78%	1.637	157.77	15.78%	1.637

ENSAYO CBR DE LABORATORIO





Densidad Seca Máxima:	1.846	g/cm ³
--------------------------	-------	-------------------

Densidad Seca Máxima	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg
95%	1.754	28.72
		52.83

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 127. Ensayo CBR # 4



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: San Francisco de Asís
 Normas: AASHTO T 193 2013

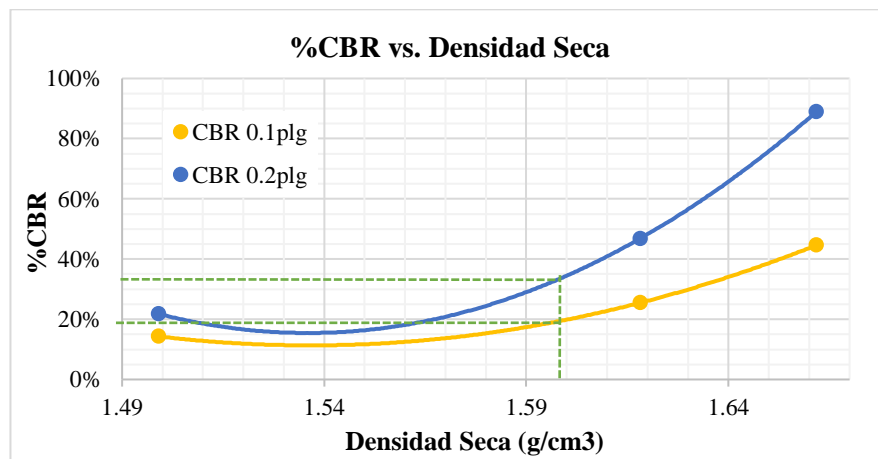
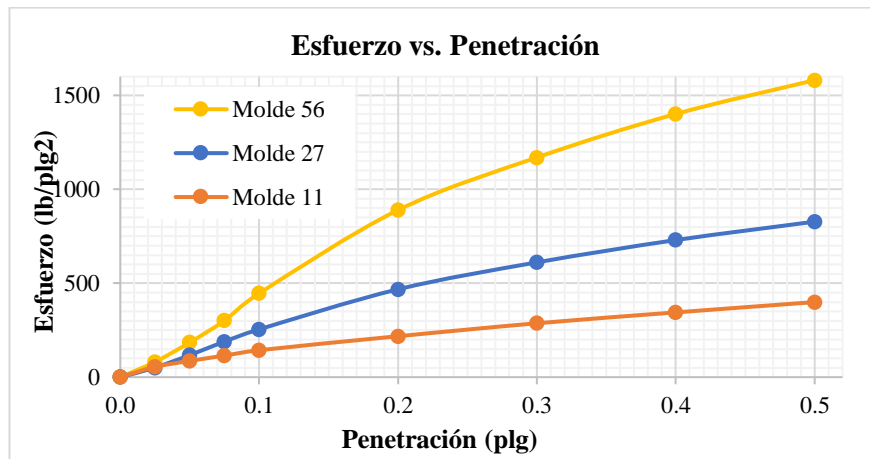
Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 776762
 Y: 9845606

ENSAYO DE C.B.R.

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO			
Tipo:	Proctor Modificado	Peso del martillo:	10 lb
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"
Peso muestra:	6000	Contenido de humedad óptimo (%):	10.80
ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.			
MOLDE N°	1	2	3
N° de Capas	5	5	5
N° de Golpes	56	27	11
DATOS DEL MOLDEO			
Peso molde + Suelo húmedo (g)	12639	13606	13195

Peso molde (g)	8319	9483	9326			
Peso suelo húmedo (g)	4320	4123	3869			
Volumen de la muestra (cm ³)	2328.31	2279.79	2313.22			
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	1.855	1.808	1.673			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	42	15	67	49	77	65
Recipiente + suelo húmedo (g)	108.57	91.47	120.15	109.96	93.29	91.33
Recipiente + suelo seco (g)	100	84.5	110.7	101.6	86.8	85.1
Peso recipiente (g)	24.9	25.9	30.34	30.58	30.89	31.15
Peso agua (g)	8.57	6.97	9.45	8.36	6.49	6.23
Peso suelo seco (g)	75.1	58.6	80.36	71.02	55.91	53.95
Contenido de Humedad (%)	11.41	11.89	11.76	11.77	11.61	11.55
Cont. Humedad Prom (%)	11.65		11.77		11.58	
Peso Unitario Seco γ_d (g/cm ³)	1.662		1.618		1.499	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Peso molde + Suelo húmedo (g)	12784	13899	13540			
Peso molde (g)	8319	9483	9326			
Peso suelo húmedo (g)	4465	4416	4214			
Masa agua absorbida (g)	145	293	345			
Agua absorbida (%)	3.36	7.11	8.92			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	42	15	67	49	77	65
Recipiente + suelo húmedo (g)	68.2	71	73.2	94.7	81.7	83.4
Recipiente + suelo seco (g)	61.2	63.5	65.9	83.7	72.9	73.9
Peso recipiente (g)	24.9	25.9	30.34	30.58	30.89	31.15
Peso agua (g)	7	7.5	7.3	11	8.8	9.5
Peso suelo seco (g)	36.3	37.6	35.56	53.12	42.01	42.75
Contenido de Humedad (%)	19.28	19.95	20.53	20.71	20.95	22.22
Cont. Humedad Prom (%)	19.62		20.62		21.58	
ENSAYO C.B.R.						
Molde N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	243.3	81.1	152.6	50.87	163.3	54.43
0.050	553.8	184.60	351.6	117.20	259.3	86.43
0.075	903.8	301.27	568.3	189.43	343.9	114.63
0.100	1338.3	446.10	763.3	254.43	429.8	143.27
0.200	2668.3	889.43	1403.4	467.80	653.8	217.93
0.300	3508.8	1169.60	1833.3	611.10	860.4	286.80
0.400	4203.3	1401.10	2189.3	729.77	1034.2	344.73
0.500	4743.3	1581.10	2483.3	827.77	1198.6	399.53
PORCENTAJES DE C.B.R. (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	% C.B.R. 0.1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	% C.B.R. 0.2 plg	Densidad seca
1	446.10	44.61%	1.662	889.43	88.94%	1.662
2	254.43	25.44%	1.618	467.80	46.78%	1.618
3	143.27	14.33%	1.499	217.93	21.79%	1.499

ENSAYO CBR DE LABORATORIO



Densidad Seca Máxima:	1.682	g/cm ³
--------------------------	-------	-------------------

Densidad Seca Máxima	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg
95%	1.598	19.98
		32.95

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 128. Ensayo CBR # 5



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: La Florida
 Normas: AASHTO T 193 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776109
 Y: 9848469

ENSAYO DE C.B.R.

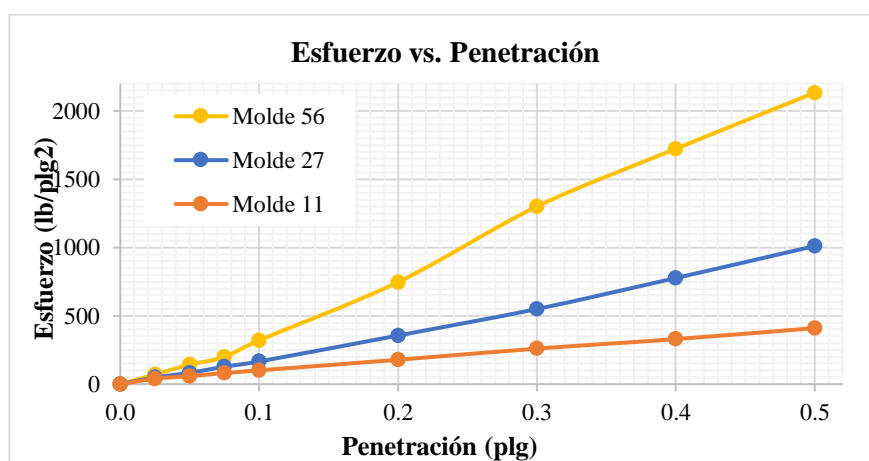
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
Tipo:	Proctor Modificado		Peso del martillo:		10 lb	
Norma:	AASHTO T-180		Altura de caída:		18"	
Peso muestra:	6000		Contenido de humedad óptimo (%)		14.00	
ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.						
MOLDE N°	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Peso molde + Suelo húmedo (g)	11570		12427		12330	
Peso molde (g)	6983		7941		8284	
Peso suelo húmedo (g)	4587		4486		4046	
Volumen de la muestra (cm ³)	2238.48		2238.48		2238.48	
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	2.049		2.004		1.807	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	4	7	43	82	88	103
Recipiente + suelo húmedo (g)	143.5	129.5	130.5	132.8	106	110.9
Recipiente + suelo seco (g)	128.5	116.2	116.5	118.7	95.7	99.6
Peso recipiente (g)	31.9	32.8	32.3	30.6	32.6	30.2
Peso agua (g)	15	13.3	14	14.1	10.3	11.3
Peso suelo seco (g)	96.6	83.4	84.2	88.1	63.1	69.4
Contenido de Humedad (%)	15.53	15.95	16.63	16.00	16.32	16.28
Cont. Humedad Prom (%)	15.74		16.32		16.30	
Peso Unitario Seco γ_d (g/cm ³)	1.771		1.723		1.554	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Peso molde + Suelo húmedo (g)	11653		12580		12565	
Peso molde (g)	6983		7941		8284	
Peso suelo húmedo (g)	4670		4639		4281	
Masa agua absorbida (g)	83		153		235	
Agua absorbida (%)	1.81		3.41		5.81	
CONTENIDO DE HUMEDAD						

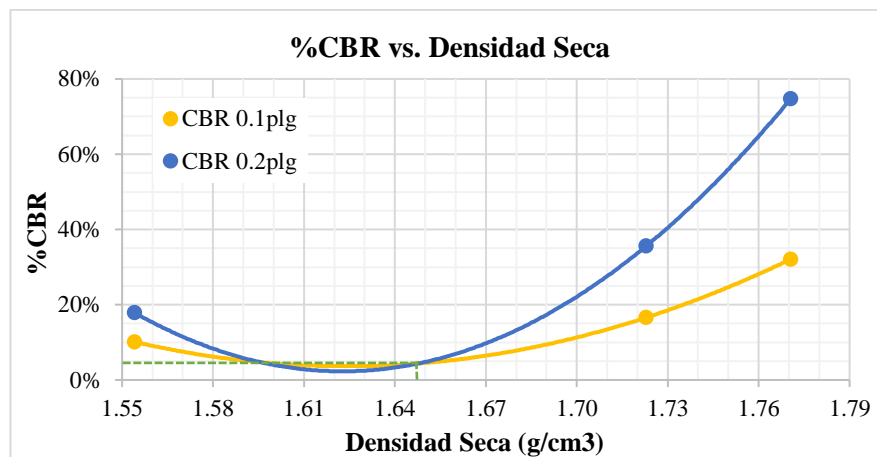
Recipiente N°	76	77	16	17	14	46
Recipiente + suelo húmedo (g)	119.8	90.1	79	99	110.1	139
Recipiente + suelo seco (g)	106.1	80.9	70	85.3	96.3	116.3
Peso recipiente (g)	30.9	30.9	26.6	24.8	32.4	31.2
Peso agua (g)	13.7	9.2	9	13.7	13.8	22.7
Peso suelo seco (g)	75.2	50	43.4	60.5	63.9	85.1
Contenido de Humedad (%)	18.22	18.40	20.74	22.64	21.60	26.67
Cont. Humedad Prom (%)	18.31		21.69		24.14	
ENSAYO C.B.R.						
Molde N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	213.3	71.1	147.3	49.10	119.8	39.93
0.050	428.8	142.93	248.6	82.87	176.6	58.87
0.075	595.0	198.33	383.8	127.93	243.7	81.23
0.100	962.0	320.67	498.1	166.03	303.3	101.10
0.200	2241.3	747.10	1068.1	356.03	535.8	178.60
0.300	3900.8	1300.27	1650.6	550.20	780.1	260.03
0.400	5168.7	1722.90	2330.4	776.80	989.6	329.87
0.500	6399.8	2133.27	3033.3	1011.10	1231	410.33

PORCENTAJES DE C.B.R. (CORREGIDOS)

Molde N°	Presión (lb/plg2)	% C.B.R. 0.1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg2)	% C.B.R. 0.2 plg	Densidad seca
1	320.67	32.07%	1.771	747.10	74.71%	1.771
2	166.03	16.60%	1.723	356.03	35.60%	1.723
3	101.10	10.11%	1.554	178.60	17.86%	1.554

ENSAYO CBR DE LABORATORIO





Densidad Seca Máxima:	1.731	g/cm ³
--------------------------	-------	-------------------

Densidad Seca Máxima	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg
95%	1.644	4.06
		4.15

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 129. Ensayo CBR # 6



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: La Florida
 Normas: AASHTO T 193 2013

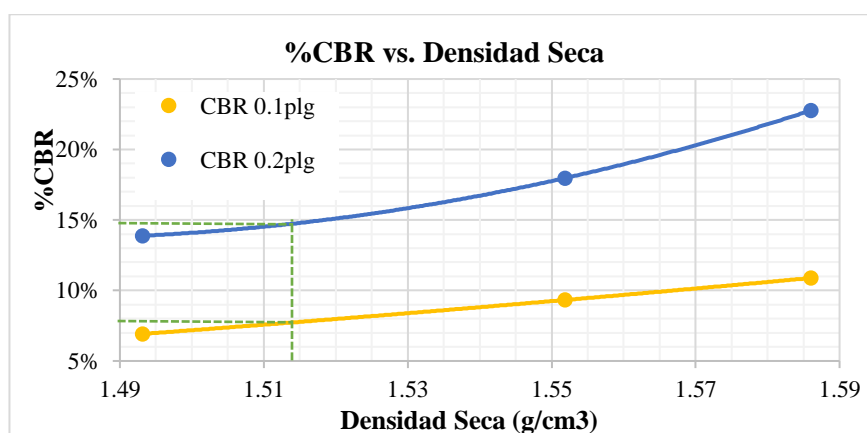
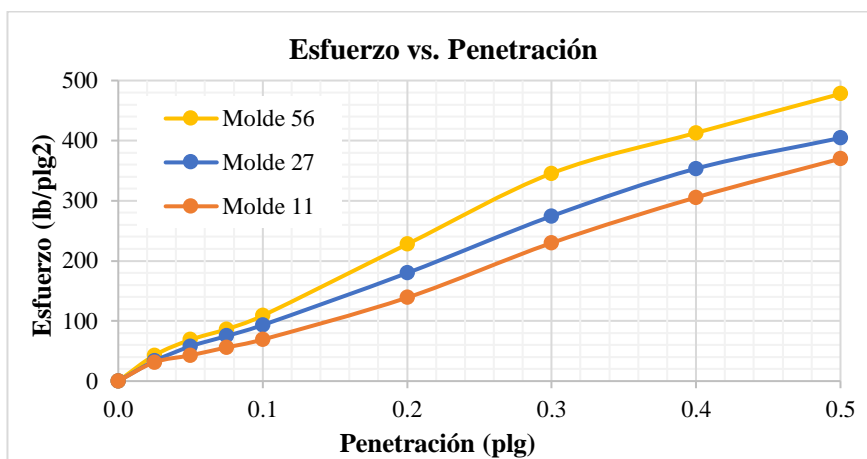
Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 775673
 Y: 9848597

ENSAYO DE C.B.R.

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO			
Tipo:	Proctor Modificado	Peso del martillo:	10 lb
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"
Peso muestra:	6000	Contenido de humedad óptimo (%):	16.50
ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.			
MOLDE N°	1	2	3
N° de Capas	5	5	5
N° de Golpes	56	27	11
DATOS DEL MOLDEO			

Peso molde + Suelo húmedo (g)	12524	13020	12330			
Peso molde (g)	8259	8753	8347			
Peso suelo húmedo (g)	4265	4267	3983			
Volumen de la muestra (cm ³)	2256.39	2304.52	2256.39			
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	1.890	1.852	1.765			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	18	21	31	38	45	46
Recipiente + suelo húmedo (g)	105.5	97	107	112	105.5	108.2
Recipiente + suelo seco (g)	92.7	85.8	93.6	98	92.8	95.4
Peso recipiente (g)	25.7	27.6	24.5	25.2	23.4	24.8
Peso agua (g)	12.8	11.2	13.4	14	12.7	12.8
Peso suelo seco (g)	67	58.2	69.1	72.8	69.4	70.6
Contenido de Humedad (%)	19.10	19.24	19.39	19.23	18.30	18.13
Cont. Humedad Prom (%)	19.17		19.31		18.22	
Peso Unitario Seco γ_d (g/cm ³)	1.586		1.552		1.493	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Peso molde + Suelo húmedo (g)	12654	13351	12814			
Peso molde (g)	8259	8753	8347			
Peso suelo húmedo (g)	4395	4598	4467			
Masa agua absorbida (g)	130	331	484			
Agua absorbida (%)	3.05	7.76	12.15			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	11	59	73	75	78	86
Recipiente + suelo húmedo (g)	116.7	117.9	117.4	117.8	134	137.8
Recipiente + suelo seco (g)	98.7	100.1	96.3	97.6	106.1	109.7
Peso recipiente (g)	31	30.8	31.1	30.7	30.8	31.8
Peso agua (g)	18	17.8	21.1	20.2	27.9	28.1
Peso suelo seco (g)	67.7	69.3	65.2	66.9	75.3	77.9
Contenido de Humedad (%)	26.59	25.69	32.36	30.19	37.05	36.07
Cont. Humedad Prom (%)	26.14		31.28		36.56	
ENSAYO C.B.R.						
Molde N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	128.6	42.87	100	33.33	93.9	31.30
0.050	206.3	68.77	173.3	57.77	128.6	42.87
0.075	259.2	86.40	225	75.00	168.3	56.10
0.100	326.6	108.87	279.8	93.27	207.6	69.20
0.200	683.3	227.77	539.3	179.77	416.6	138.87
0.300	1036.6	345.53	823.3	274.43	689.3	229.77
0.400	1238.8	412.93	1060.3	353.43	916.6	305.53
0.500	1433.6	477.87	1213.3	404.43	1109.9	369.97
PORCENTAJES DE C.B.R. (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	% C.B.R. 0.1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	% C.B.R. 0.2 plg	Densidad seca
1	108.87	10.89%	1.586	227.77	22.78%	1.586

2	93.27	9.33%	1.552	179.77	17.98%	1.552
3	69.20	6.92%	1.493	138.87	13.89%	1.493
ENSAYO CBR DE LABORATORIO						



Densidad Seca Máxima:	1.594	g/cm ³
-----------------------	-------	-------------------

Densidad Seca Máxima	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg
95%	1.514	14.68
	7.73	

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 130. Ensayo CBR # 7



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Perezpamba
 Normas: AASHTO T 193 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 778080
 Y: 9843652

ENSAYO DE C.B.R.

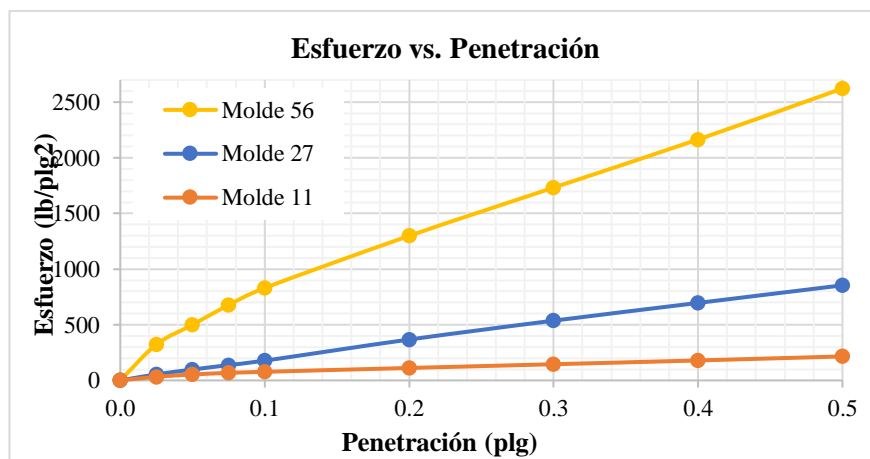
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
Tipo:	Proctor Modificado		Peso del martillo:		10 lb	
Norma:	AASHTO T-180		Altura de caída:		18"	
Peso muestra:	6000		Contenido de humedad óptimo (%)		10.75	
ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.						
MOLDE N°	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Peso molde + Suelo húmedo (g)	13262		11289		12979	
Peso molde (g)	8740		6979		9069	
Peso suelo húmedo (g)	4522		4310		3910	
Volumen de la muestra (cm ³)	2286.38		2274.3		2238.48	
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	1.978		1.895		1.747	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	1	9	102	2	36	21
Recipiente + suelo húmedo (g)	144.9	134.8	152.7	144.9	115.8	115.1
Recipiente + suelo seco (g)	132.7	123.8	139.5	132.7	106.1	105.8
Peso recipiente (g)	31.5	31.9	32.1	32	24.9	27.6
Peso agua (g)	12.2	11	13.2	12.2	9.7	9.3
Peso suelo seco (g)	101.2	91.9	107.4	100.7	81.2	78.2
Contenido de Humedad (%)	12.06	11.97	12.29	12.12	11.95	11.89
Cont. Humedad Prom (%)	12.01		12.20		11.92	
Peso Unitario Seco γ_d (g/cm ³)	1.766		1.689		1.561	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Peso molde + Suelo húmedo (g)	13343		11521		13313	
Peso molde (g)	8740		6979		9069	
Peso suelo húmedo (g)	4603		4542		4244	
Masa agua absorbida (g)	81		232		334	
Agua absorbida (%)	1.79		5.38		8.54	
CONTENIDO DE HUMEDAD						

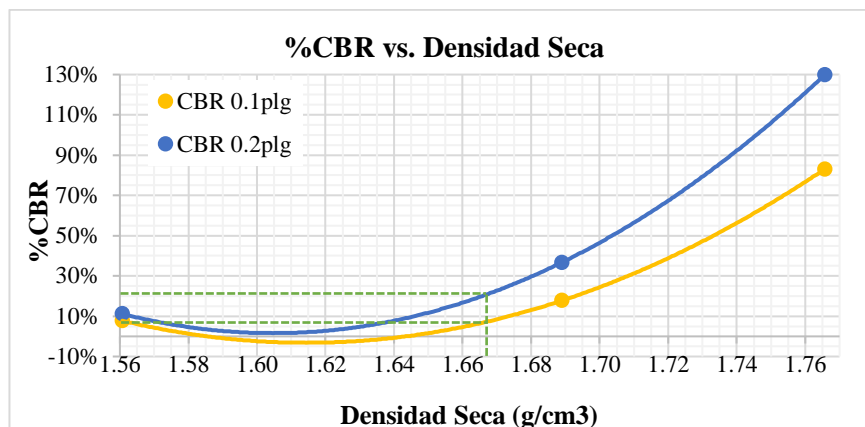
Recipiente N°	11	18	21	31	38	45
Recipiente + suelo húmedo (g)	94.8	96.1	102.7	104.8	114.7	117.1
Recipiente + suelo seco (g)	86.3	85.2	89.8	91.6	97.4	99.1
Peso recipiente (g)	31	25.7	27.6	24.5	25.2	23.4
Peso agua (g)	8.5	10.9	12.9	13.2	17.3	18
Peso suelo seco (g)	55.3	59.5	62.2	67.1	72.2	75.7
Contenido de Humedad (%)	15.37	18.32	20.74	19.67	23.96	23.78
Cont. Humedad Prom (%)	16.85		20.21		23.87	
ENSAYO C.B.R.						
Molde N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	969.9	323.3	163.3	54.43	96.8	32.27
0.050	1499.8	499.93	293.6	97.87	159.8	53.27
0.075	2033.6	677.87	413.9	137.97	203.6	67.87
0.100	2492.3	830.77	532.8	177.60	232.4	77.47
0.200	3895.6	1298.53	1102.3	367.43	335.7	111.90
0.300	5196.6	1732.20	1610.9	536.97	436.8	145.60
0.400	6493.5	2164.50	2088.6	696.20	538.6	179.53
0.500	7868.1	2622.70	2563.6	854.53	646.9	215.63

PORCENTAJES DE C.B.R. (CORREGIDOS)

Molde N°	Presión (lb/plg ²)	% C.B.R. 0.1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	% C.B.R. 0.2 plg	Densidad seca
1	830.77	83.08%	1.766	1298.53	129.85%	1.766
2	177.60	17.76%	1.689	367.43	36.74%	1.689
3	77.47	7.75%	1.561	111.90	11.19%	1.561

ENSAYO CBR DE LABORATORIO





Densidad Seca Máxima:	1.755	g/cm3
-----------------------	-------	-------

Densidad Seca Máxima	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg
95%	1.667	20.65

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 131. Ensayo CBR # 8



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



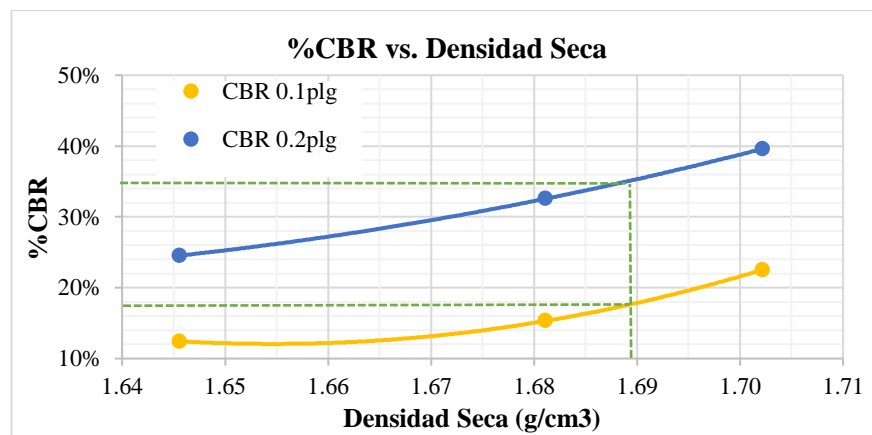
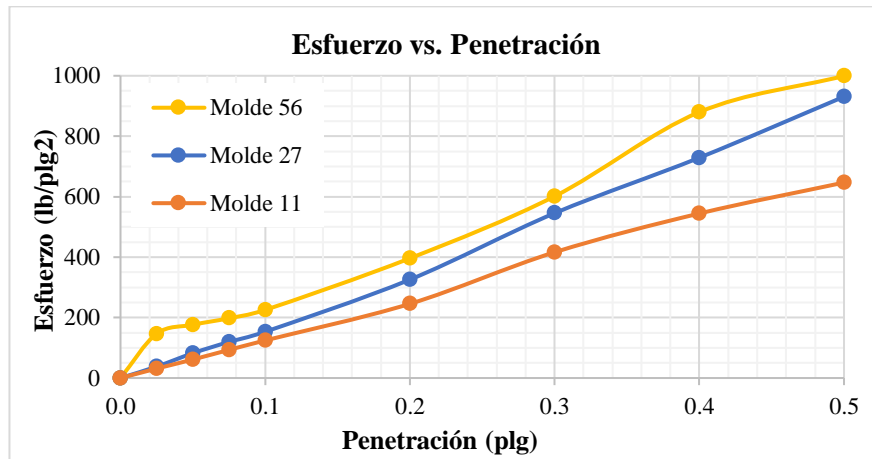
Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Perezpamba
 Normas: AASHTO T 193 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 778482
 Y: 9843335

ENSAYO DE C.B.R.

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO			
Tipo:	Proctor Modificado	Peso del martillo:	10 lb
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"
Peso muestra:	6000	Contenido de humedad óptimo (%)	14.70
ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.			
MOLDE N°	1	2	3
N° de Capas	5	5	5
N° de Golpes	56	27	11
DATOS DEL MOLDEO			
Peso molde + Suelo húmedo (g)	14224	12819	10203
Peso molde (g)	9635	8289	5852

Peso suelo húmedo (g)	4589		4530		4351	
Volumen de la muestra (cm ³)	2304.52		2292.21		2244.28	
Peso unitario húmedo Y _m (g/cm ³)	1.991		1.976		1.939	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	15	42	65	67	42	84
Recipiente + suelo húmedo (g)	104.8	79.6	106.9	87.8	163.1	143.9
Recipiente + suelo seco (g)	93.4	71.6	95.5	79.3	142.6	127.6
Peso recipiente (g)	25.7	24.9	31.2	30.4	31.8	32.4
Peso agua (g)	11.4	8	11.4	8.5	20.5	16.3
Peso suelo seco (g)	67.7	46.7	64.3	48.9	110.8	95.2
Contenido de Humedad (%)	16.84	17.13	17.73	17.38	18.50	17.12
Cont. Humedad Prom (%)	16.98		17.56		17.81	
Peso Unitario Seco Y _d (g/cm ³)	1.702		1.681		1.646	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Peso molde + Suelo húmedo (g)	14370		13028		10479	
Peso molde (g)	9635		8289		5852	
Peso suelo húmedo (g)	4735		4739		4627	
Masa agua absorbida (g)	146		209		276	
Agua absorbida (%)	3.18		4.61		6.34	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	18	19	20	21	22	23
Recipiente + suelo húmedo (g)	105.6	104.3	88.6	91.2	139.5	132.4
Recipiente + suelo seco (g)	91.4	89.2	76.8	79.3	115.2	111.3
Peso recipiente (g)	24.9	25.7	31.2	30.4	32.4	32.5
Peso agua (g)	14.2	15.1	11.8	11.9	24.3	21.1
Peso suelo seco (g)	66.5	63.5	45.6	48.9	82.8	78.8
Contenido de Humedad (%)	21.35	23.78	25.88	24.34	29.35	26.78
Cont. Humedad Prom (%)	22.57		25.11		28.06	
ENSAYO C.B.R.						
Molde N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	439.3	146.43333	113.3	37.77	93.6	31.20
0.050	528.0	176.00	246.3	82.10	183.8	61.27
0.075	593.3	197.77	358.4	119.47	279.3	93.10
0.100	676.0	225.33	459.3	153.10	373.3	124.43
0.200	1188.3	396.10	976.9	325.63	736.3	245.43
0.300	1803.8	601.27	1636.3	545.43	1248.3	416.10
0.400	2639.3	879.77	2186.8	728.93	1633	544.33
0.500	2998.3	999.43	2792.6	930.87	1940	646.67
PORCENTAJES DE C.B.R. (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	% C.B.R. 0.1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	% C.B.R. 0.2 plg	Densidad seca
1	225.33	22.53%	1.702	396.10	39.61%	1.702
2	153.10	15.31%	1.681	325.63	32.56%	1.681
3	124.43	12.44%	1.646	245.43	24.54%	1.646
ENSAYO CBR DE LABORATORIO						



Densidad Seca Máxima:	1.778	g/cm3
--------------------------	-------	-------

Densidad Seca Máxima	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg
95%	1.689	17.57
		34.95

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 132. Ensayo CBR # 9



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: San Andrés de Pillate
 Normas: AASHTO T 193 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776266
 Y: 9839213

ENSAYO DE C.B.R.

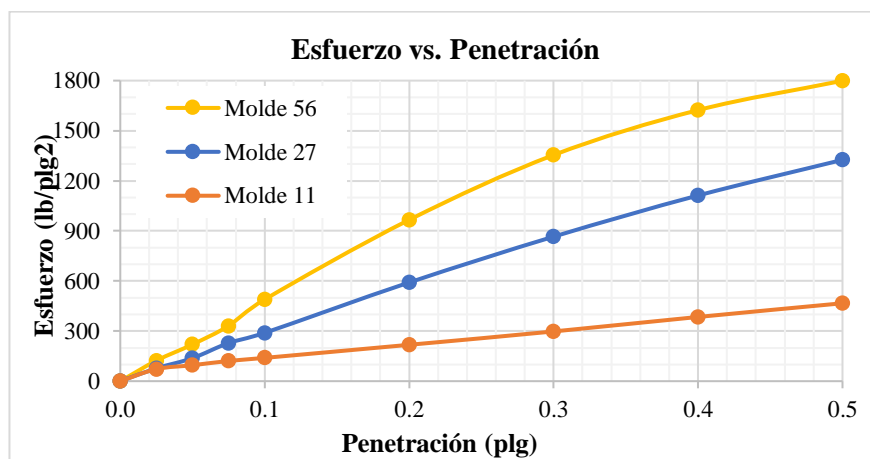
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
Tipo:	Proctor Modificado		Peso del martillo:		10 lb	
Norma:	AASHTO T-180		Altura de caída:		18"	
Peso muestra:	6000		Contenido de humedad óptimo (%)		13.25	
ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.						
MOLDE N°	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Peso molde + Suelo húmedo (g)	13664		12707		12886	
Peso molde (g)	9216		8252		8731	
Peso suelo húmedo (g)	4448		4455		4155	
Volumen de la muestra (cm ³)	2256.39		2274.3		2238.48	
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	1.971		1.959		1.856	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	43	81	82	88	95	100
Recipiente + suelo húmedo (g)	115.4	120.6	101.1	123.7	133.1	108.6
Recipiente + suelo seco (g)	104.2	109	91.3	112.3	120.3	98.3
Peso recipiente (g)	32.3	30.2	30.6	32.5	33.4	30.4
Peso agua (g)	11.2	11.6	9.8	11.4	12.8	10.3
Peso suelo seco (g)	71.9	78.8	60.7	79.8	86.9	67.9
Contenido de Humedad (%)	15.58	14.72	16.14	14.29	14.73	15.17
Cont. Humedad Prom (%)	15.15		15.22		14.95	
Peso Unitario Seco γ_d (g/cm ³)	1.712		1.700		1.615	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Peso molde + Suelo húmedo (g)	13717		12817		13070	
Peso molde (g)	9216		8252		8731	
Peso suelo húmedo (g)	4501		4565		4339	
Masa agua absorbida (g)	53		110		184	
Agua absorbida (%)	1.19		2.47		4.43	
CONTENIDO DE HUMEDAD						

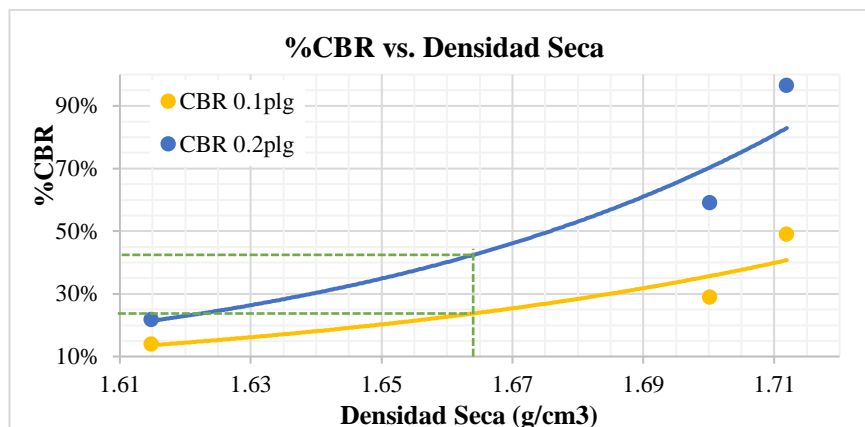
Recipiente N°	4	7	14	16	17	43
Recipiente + suelo húmedo (g)	102.8	105.6	98.7	101.2	123.1	126.9
Recipiente + suelo seco (g)	90.5	93.6	84.4	87.4	101.4	103.5
Peso recipiente (g)	31.9	32.8	26.6	32.4	31.2	32.3
Peso agua (g)	12.3	12	14.3	13.8	21.7	23.4
Peso suelo seco (g)	58.6	60.8	57.8	55	70.2	71.2
Contenido de Humedad (%)	20.99	19.74	24.74	25.09	30.91	32.87
Cont. Humedad Prom (%)	20.36		24.92		31.89	
ENSAYO C.B.R.						
Molde N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	368.9	122.97	230.6	76.87	216.6	72.20
0.050	660.6	220.20	413.6	137.87	286.9	95.63
0.075	993.3	331.10	686.3	228.77	363.1	121.03
0.100	1468.5	489.50	868.5	289.50	418.6	139.53
0.200	2898.3	966.10	1773.3	591.10	653.2	217.73
0.300	4063.2	1354.40	2596.5	865.50	893.6	297.87
0.400	4869.9	1623.30	3336	1112.00	1153.8	384.60
0.500	5396.8	1798.93	3976.5	1325.50	1399.7	466.57

PORCENTAJES DE C.B.R. (CORREGIDOS)

Molde N°	Presión (lb/plg2)	% C.B.R. 0.1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg2)	% C.B.R. 0.2 plg	Densidad seca
1	489.50	48.95%	1.712	966.10	96.61%	1.712
2	289.50	28.95%	1.700	591.10	59.11%	1.700
3	139.53	13.95%	1.615	217.73	21.77%	1.615

ENSAYO CBR DE LABORATORIO





Densidad Seca Máxima:	1.752	g/cm ³
--------------------------	-------	-------------------

Densidad Seca Máxima	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg
95%	1.664	24.78
		42.89

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 133. Ensayo CBR # 10



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: San Andrés de Pillate
 Normas: AASHTO T 193 2013

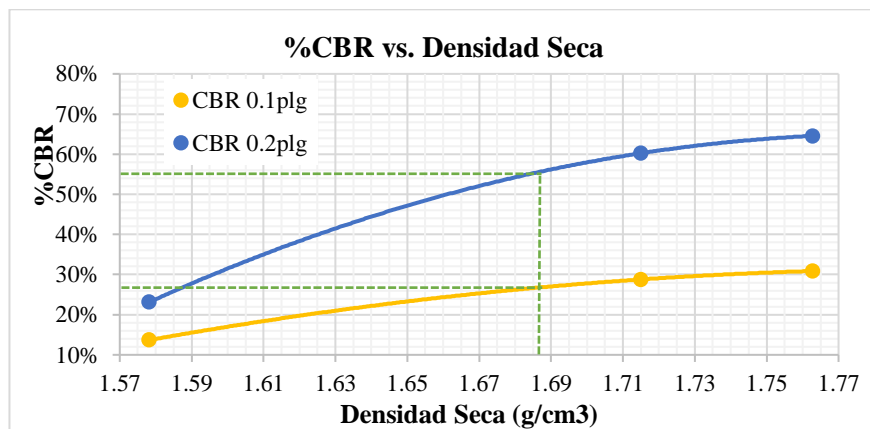
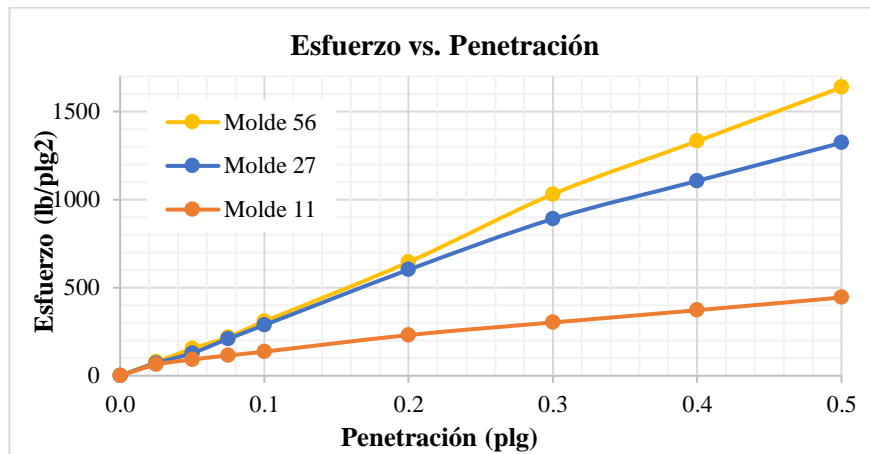
Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 776206
 Y: 9839304

ENSAYO DE C.B.R.

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO			
Tipo:	Proctor Modificado	Peso del martillo:	10 lb
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"
Peso muestra:	6000	Contenido de humedad óptimo (%)	13.40
ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.			
MOLDE N°	1	2	3
N° de Capas	5	5	5
N° de Golpes	56	27	11
DATOS DEL MOLDEO			
Peso molde + Suelo húmedo (g)	10390	13640	11044

Peso molde (g)	5853	9224	6931			
Peso suelo húmedo (g)	4537	4416	4113			
Volumen de la muestra (cm ³)	2244.28	2256.39	2274.3			
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	2.022	1.957	1.808			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	3	9	41	65	67	69
Recipiente + suelo húmedo (g)	135	127.3	98.1	104.8	82.5	100.5
Recipiente + suelo seco (g)	122.2	114.9	89.9	95.6	75.8	91.7
Peso recipiente (g)	33.4	31.9	31.1	31.2	30.4	30.7
Peso agua (g)	12.8	12.4	8.2	9.2	6.7	8.8
Peso suelo seco (g)	88.8	83	58.8	64.4	45.4	61
Contenido de Humedad (%)	14.41	14.94	13.95	14.29	14.76	14.43
Cont. Humedad Prom (%)	14.68		14.12		14.59	
Peso Unitario Seco γ_d (g/cm ³)	1.763		1.715		1.578	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Peso molde + Suelo húmedo (g)	10481	13826	11372			
Peso molde (g)	5853	9224	6931			
Peso suelo húmedo (g)	4628	4602	4441			
Masa agua absorbida (g)	91	186	328			
Agua absorbida (%)	2.01	4.21	7.97			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	64	820	21	45	68	83
Recipiente + suelo húmedo (g)	99.8	91.6	126.6	116.6	115.6	116.8
Recipiente + suelo seco (g)	90	82.2	110	102.9	100.8	101.6
Peso recipiente (g)	30.7	30.9	27.7	23.5	30.9	30.9
Peso agua (g)	9.8	9.4	16.6	13.7	14.8	15.2
Peso suelo seco (g)	59.3	51.3	82.3	79.4	69.9	70.7
Contenido de Humedad (%)	16.53	18.32	20.17	17.25	21.17	21.50
Cont. Humedad Prom (%)	17.42		18.71		21.34	
ENSAYO C.B.R.						
Molde N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	232.6	77.533333	213.4	71.13	188.2	62.73
0.050	461.9	153.97	386	128.67	276.5	92.17
0.075	658.3	219.43	630.5	210.17	345.3	115.10
0.100	926.2	308.73	863.6	287.87	410.4	136.80
0.200	1936.3	645.43	1806.8	602.27	693.3	231.10
0.300	3093.1	1031.03	2671.3	890.43	907.9	302.63
0.400	3996.3	1332.10	3318.6	1106.20	1116	372.00
0.500	4911.5	1637.17	3967.8	1322.60	1333.3	444.43
PORCENTAJES DE C.B.R. (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	% C.B.R. 0.1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	% C.B.R. 0.2 plg	Densidad seca
1	308.73	30.87%	1.763	645.43	64.54%	1.763
2	287.87	28.79%	1.715	602.27	60.23%	1.715
3	136.80	13.68%	1.578	231.10	23.11%	1.578

ENSAYO CBR DE LABORATORIO



Densidad Seca Máxima:	1.776	g/cm ³
-----------------------	-------	-------------------

Densidad Seca Máxima	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg
95%	1.687	26.73
		55.54

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 134. Ensayo CBR # 11



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Chanchaloma
 Normas: AASHTO T 193 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 778305
 Y: 9844955

ENSAYO DE C.B.R.

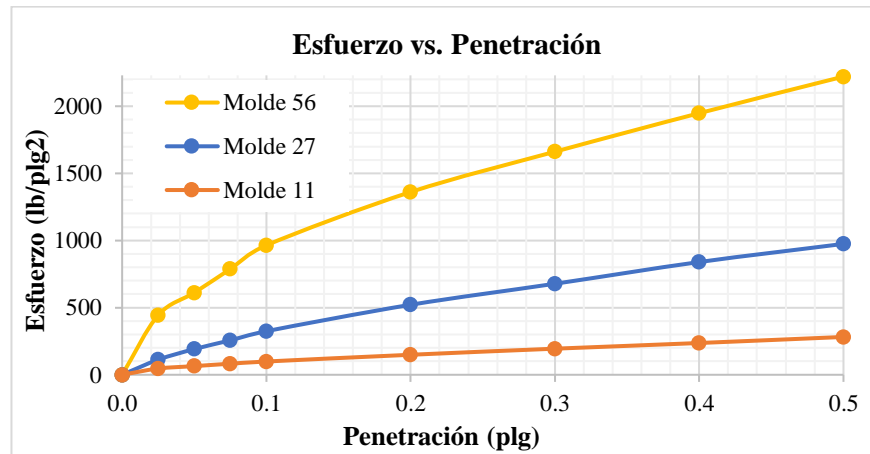
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
Tipo:	Proctor Modificado		Peso del martillo:		10 lb	
Norma:	AASHTO T-180		Altura de caída:		18"	
Peso muestra:	6000		Contenido de humedad óptimo (%)		14.00	
ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.						
MOLDE N°	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Peso molde + Suelo húmedo (g)	10072		12409		9768	
Peso molde (g)	5844		8629		6459	
Peso suelo húmedo (g)	4228		3780		3309	
Volumen de la muestra (cm ³)	2274.3		2256.39		2256.39	
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	1.859		1.675		1.467	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	50	89	5	33	73	88
Recipiente + suelo húmedo (g)	116	113.6	98.2	97.7	117.4	110.4
Recipiente + suelo seco (g)	104.5	102.8	88.1	87.6	105.9	99.8
Peso recipiente (g)	31.3	31.2	24.2	25	31.2	30.5
Peso agua (g)	11.5	10.8	10.1	10.1	11.5	10.6
Peso suelo seco (g)	73.2	71.6	63.9	62.6	74.7	69.3
Contenido de Humedad (%)	15.71	15.08	15.81	16.13	15.39	15.30
Cont. Humedad Prom (%)	15.40		15.97		15.35	
Peso Unitario Seco γ_d (g/cm ³)	1.611		1.445		1.271	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Peso molde + Suelo húmedo (g)	10191		12672		10222	
Peso molde (g)	5844		8629		6459	
Peso suelo húmedo (g)	4347		4043		3763	
Masa agua absorbida (g)	119		263		454	
Agua absorbida (%)	2.81		6.96		13.72	
CONTENIDO DE HUMEDAD						

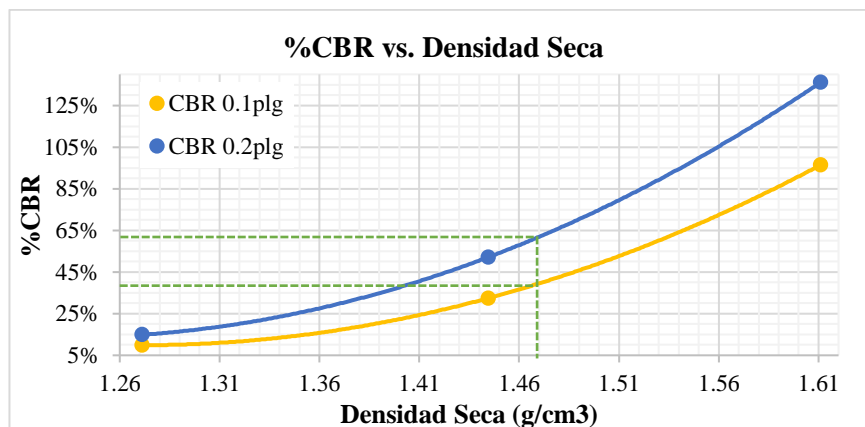
Recipiente N°	3	5	24	36	84	106
Recipiente + suelo húmedo (g)	105.8	111.2	102.5	99.4	125.1	114.8
Recipiente + suelo seco (g)	92.3	97.1	87.6	85.2	101.2	93.3
Peso recipiente (g)	24.1	26.3	32.1	31.8	32.7	30.5
Peso agua (g)	13.5	14.1	14.9	14.2	23.9	21.5
Peso suelo seco (g)	68.2	70.8	55.5	53.4	68.5	62.8
Contenido de Humedad (%)	19.79	19.92	26.85	26.59	34.89	34.24
Cont. Humedad Prom (%)	19.85		26.72		34.56	
ENSAYO C.B.R.						
Molde N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	1330.8	443.6	336.6	112.20	138.3	46.10
0.050	1833.6	611.20	574.3	191.43	193	64.33
0.075	2363	787.67	768.8	256.27	246.8	82.27
0.100	2893.3	964.43	973.3	324.43	296	98.67
0.200	4083.6	1361.20	1563.8	521.27	446.8	148.93
0.300	4983.6	1661.20	2033.6	677.87	582.5	194.17
0.400	5844.4	1948.13	2518.6	839.53	709.3	236.43
0.500	6662.3	2220.77	2923.8	974.60	844.6	281.53

PORCENTAJES DE C.B.R. (CORREGIDOS)

Molde N°	Presión (lb/plg2)	% C.B.R. 0.1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg2)	% C.B.R. 0.2 plg	Densidad seca
1	964.43	96.44%	1.611	1361.20	136.12%	1.611
2	324.43	32.44%	1.445	521.27	52.13%	1.445
3	98.67	9.87%	1.271	148.93	14.89%	1.271

ENSAYO CBR DE LABORATORIO





Densidad Seca Máxima:	1.546	g/cm ³
-----------------------	-------	-------------------

Densidad Seca Máxima	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg	
95%	1.469	39.23	61.61

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 135. Ensayo CBR # 12



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



Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Chanchaloma
 Normas: AASHTO T 193 2013

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 777967
 Y: 9844885

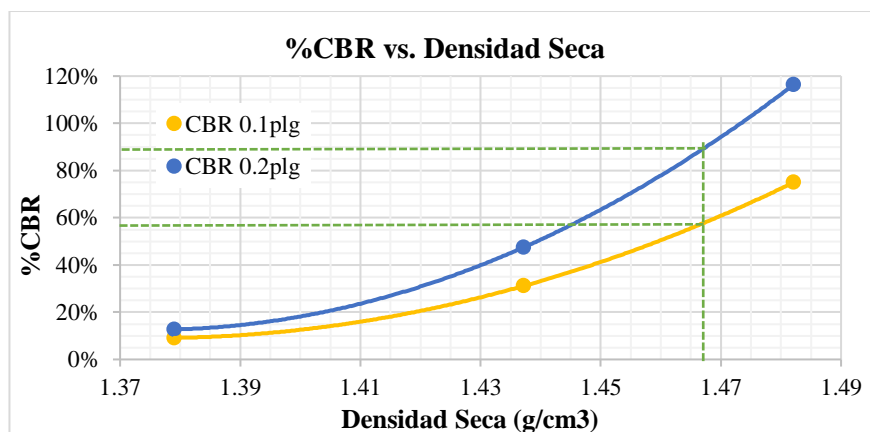
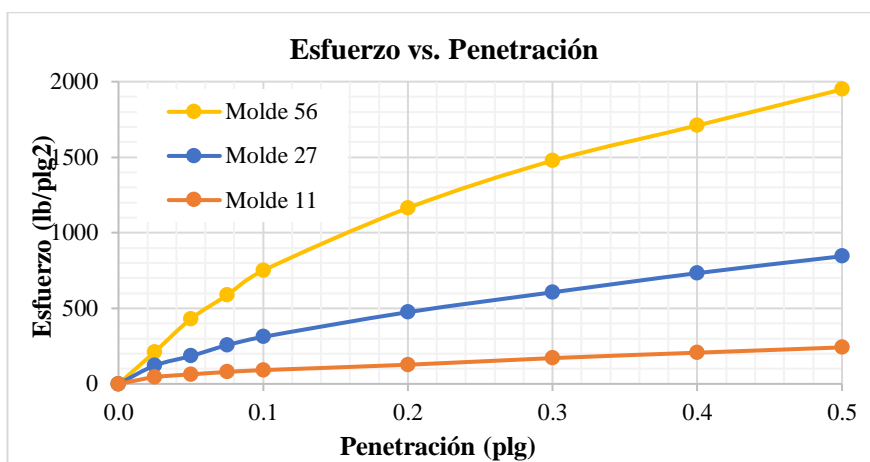
ENSAYO DE C.B.R.

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO			
Tipo:	Proctor Modificado	Peso del martillo:	10 lb
Norma:	AASHTO T-180	Altura de caída:	18"
Peso muestra:	6000	Contenido de humedad óptimo (%):	13.00
ENSAYO DE COMPACTACIÓN C.B.R.			
MOLDE N°	1	2	3
N° de Capas	5	5	5
N° de Golpes	56	27	11
DATOS DEL MOLDEO			

Peso molde + Suelo húmedo (g)	12256	13137	10400			
Peso molde (g)	8350	9307	6759			
Peso suelo húmedo (g)	3906	3830	3641			
Volumen de la muestra (cm ³)	2268.23	2286.38	2274.3			
Peso unitario húmedo γ_m (g/cm ³)	1.722	1.675	1.601			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	21	22	27	31	32	40
Recipiente + suelo húmedo (g)	96.9	89.1	119.2	121.3	124.8	120.6
Recipiente + suelo seco (g)	87.2	80.1	106.1	107.3	111.2	107.2
Peso recipiente (g)	27.7	24.1	25.2	24.6	26.5	24.1
Peso agua (g)	9.7	9	13.1	14	13.6	13.4
Peso suelo seco (g)	59.5	56	80.9	82.7	84.7	83.1
Contenido de Humedad (%)	16.30	16.07	16.19	16.93	16.06	16.13
Cont. Humedad Prom (%)	16.19		16.56		16.09	
Peso Unitario Seco γ_d (g/cm ³)	1.482		1.437		1.379	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Peso molde + Suelo húmedo (g)	12448	13429	10764			
Peso molde (g)	8350	9307	6759			
Peso suelo húmedo (g)	4098	4122	4005			
Masa agua absorbida (g)	192	292	364			
Agua absorbida (%)	4.92	7.62	10.00			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°	2	8	12	13	18	20
Recipiente + suelo húmedo (g)	99.2	97.8	110.6	112.5	106.3	103.4
Recipiente + suelo seco (g)	84.4	84.6	91.4	92.9	86.6	84.3
Peso recipiente (g)	24.1	26.8	25.2	22.8	25.7	24.7
Peso agua (g)	14.8	13.2	19.2	19.6	19.7	19.1
Peso suelo seco (g)	60.3	57.8	66.2	70.1	60.9	59.6
Contenido de Humedad (%)	24.54	22.84	29.00	27.96	32.35	32.05
Cont. Humedad Prom (%)	23.69		28.48		32.20	
ENSAYO C.B.R.						
Molde N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	633.8	211.26667	363.3	121.10	133	44.33
0.050	1290.3	430.10	553.1	184.37	189.1	63.03
0.075	1760.3	586.77	768.9	256.30	236.8	78.93
0.100	2249.8	749.93	933.2	311.07	274	91.33
0.200	3492.1	1164.03	1423.8	474.60	380.3	126.77
0.300	4431	1477.00	1818.2	606.07	511.8	170.60
0.400	5130.6	1710.20	2198.7	732.90	619.3	206.43
0.500	5846.8	1948.93	2533.8	844.60	724.6	241.53
PORCENTAJES DE C.B.R. (CORREGIDOS)						
Molde N°	Presión (lb/plg ²)	% C.B.R. 0.1 plg	Densidad seca	Presión (lb/plg ²)	% C.B.R. 0.2 plg	Densidad seca
1	749.93	74.99%	1.482	1164.03	116.40%	1.482

2	311.07	31.11%	1.437	474.60	47.46%	1.437
3	91.33	9.13%	1.379	126.77	12.68%	1.379

ENSAYO CBR DE LABORATORIO



Densidad Seca Máxima:	1.544	g/cm3
-----------------------	-------	-------

Densidad Seca Máxima	% CBR 0.1 plg	% CBR 0.2 plg	
95%	1.467	57.79	89.40

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 136. Ensayo DCP # 1



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

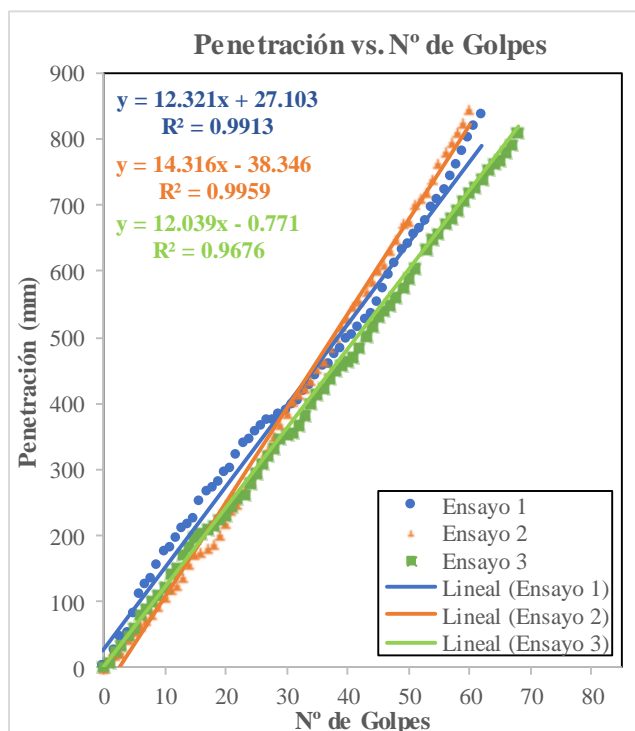


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: Surangay
 Normas: ASTM D 6951-03

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 775556
 Y: 9844861

ENSAYO DCP

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	5	16	6
2	24	22	25
3	45	26	35
4	52	45	49
5	80	58	61
6	109	65	80
7	124	74	90
8	133	82	101
9	153	94	111
10	174	111	120
11	180	120	141
12	195	126	152
13	209	140	170
14	214	160	183
15	224	173	197
16	249	177	204
17	264	182	210
18	272	190	215
19	278	204	224
20	293	220	229
21	301	241	243
22	319	250	257
23	337	271	263
24	343	284	279
25	355	301	294
26	363	317	308
27	372	332	321
28	374	353	332
29	383	371	348
30	387	387	352
31	396	404	356
32	402	417	368
33	418	427	382
34	425	437	398
35	440	455	413
36	454	468	423
37	459	486	437
38	472	501	449
39	480	520	459
40	496	531	465
41	501	549	470
42	513	556	485
43	525	572	501



DN (mm/golpe)		DN (prom)
1	12.321	
2	14.316	
3	12.039	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
44	534	587	517
45	551	605	531
46	572	614	539
47	591	632	549
48	610	652	560
49	631	673	575
50	638	678	589
51	654	704	605
52	664	712	980
53	675	720	633
54	695	741	649
55	706	764	658
56	721	782	670
57	742	797	680
58	758	813	693
59	781	825	707
60	801	846	719
61	819		728
62	835		738
63			754
64			761
65			767
66			781
67			791
68			810

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 137. Ensayo DCP # 2



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

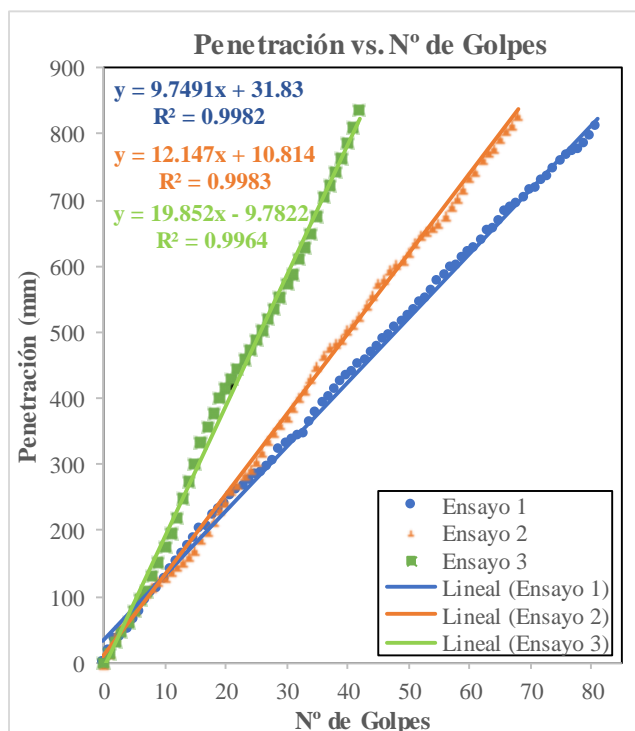


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: Surangay
 Normas: ASTM D 6951-03

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 775705
 Y: 9844294

ENSAYO DCP

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	16	18	15
2	34	40	33
3	38	59	46
4	48	72	60
5	64	80	77
6	76	101	96
7	93	107	107
8	104	116	130
9	112	125	152
10	125	131	174
11	139	140	195
12	153	148	220
13	164	154	248
14	176	164	274
15	188	172	302
16	200	189	332
17	205	201	356
18	222	215	377
19	231	233	401
20	238	246	415
21	252	263	430
22	260	271	444
23	266	285	460
24	274	294	474
25	282	307	487
26	286	322	504
27	295	339	520
28	303	350	535
29	320	362	553
30	331	373	572
31	337	389	588
32	341	404	612
33	346	414	627
34	361	432	650
35	376	450	676
36	391	467	704
37	401	479	722
38	411	486	742
39	423	491	763
40	433	507	786
41	437	513	811
42	449	526	836
43	456	543	0



DN (mm/golpe)		DN (prom)
1	9.7491	13.916
2	12.147	
3	19.852	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
44	468	559	
45	475	575	
46	487	583	
47	493	595	
48	506	604	
49	513	612	
50	524	623	
51	532	638	
52	544	649	
53	550	654	
54	562	660	
55	575	666	
56	584	677	
57	595	693	
58	600	705	
59	611	719	
60	621	737	
61	625	746	
62	638	762	
63	651	776	
64	656	782	
65	667	795	
66	681	808	
67	686	816	
68	694	831	
69	701		
70	712		
71	716		
72	728		
73	734		
74	745		
75	756		
76	765		
77	772		
78	775		
79	783		
80	795		
81	810		

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 138. Ensayo DCP # 3



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

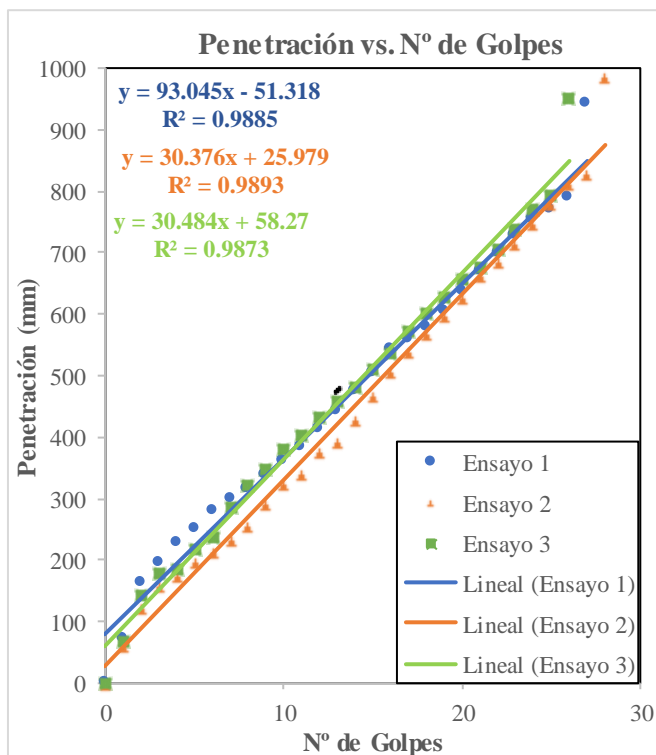


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: San Francisco de Asís
 Normas: ASTM D 6951-03

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776163
 Y: 9845992

ENSAYO DCP

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	72	60	68
2	161	124	144
3	194	158	177
4	226	176	186
5	251	198	218
6	280	214	236
7	298	232	287
8	316	257	321
9	337	291	348
10	360	323	380
11	384	341	402
12	412	375	431
13	442	392	457
14	473	429	479
15	504	467	511
16	542	505	537
17	559	540	571
18	578	567	602
19	604	596	627
20	636	628	656
21	668	661	675
22	697	686	706
23	727	715	738
24	752	747	771
25	770	779	794
26	789	812	951
27	942	827	
28		986	



DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	93.045
2	30.376
3	30.484
	51.302

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 139. Ensayo DCP # 4



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

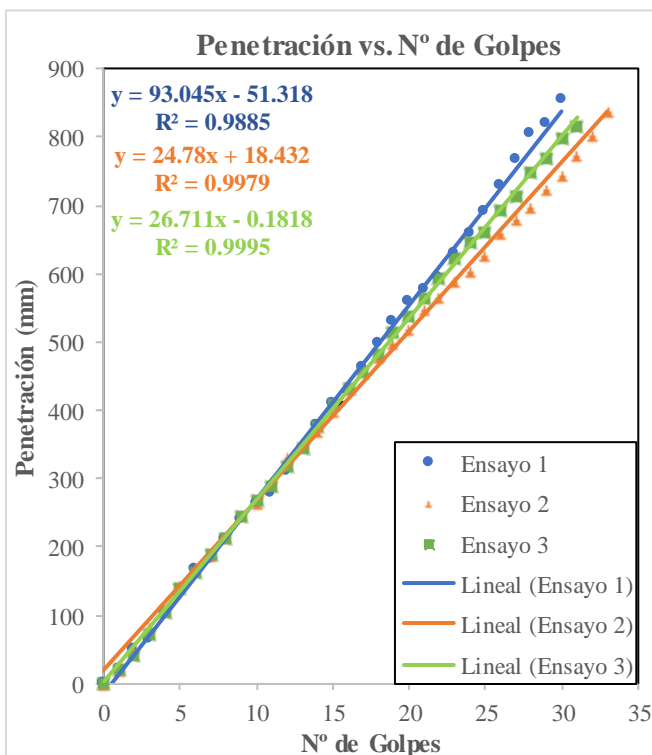


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: San Francisco de Asís
 Normas: ASTM D 6951-03

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 776762
 Y: 9845606

ENSAYO DCP

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	19	19	19
2	48	53	40
3	64	84	73
4	101	110	106
5	129	145	140
6	166	173	164
7	181	191	189
8	210	216	214
9	238	248	244
10	263	265	270
11	278	299	288
12	309	334	319
13	341	354	344
14	376	371	376
15	409	399	410
16	427	432	433
17	462	462	455
18	497	480	482
19	528	499	514
20	558	520	538
21	576	548	563
22	594	568	593
23	629	591	623
24	657	606	646
25	690	629	662
26	728	662	693
27	766	681	714
28	803	700	747
29	819	724	769
30	854	746	799
31		776	816
32		805	
33		838	



DN (mm/golpe)		DN (prom)
1	93.045	48.179
2	24.78	
3	26.711	

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 140. Ensayo DCP # 5



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

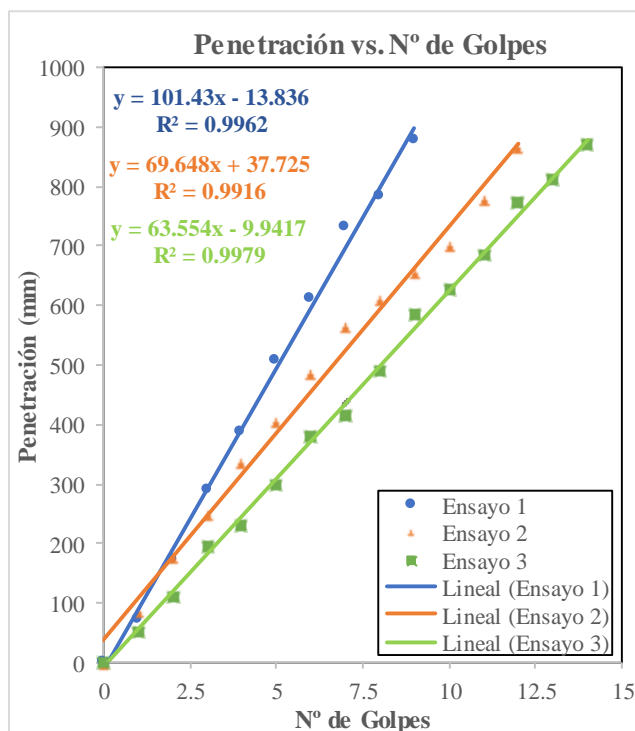


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: La Florida
 Normas: ASTM D 6951-03

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776109
 Y: 9848469

ENSAYO DCP

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	72	87	52
2	171	177	109
3	290	249	196
4	387	338	231
5	506	407	298
6	611	488	381
7	731	565	414
8	782	610	491
9	876	656	586
10		701	627
11		778	685
12		867	772
13			812
14			870



DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	101.43
2	69.648
3	63.554
	78.211

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 141. Ensayo DCP # 6



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

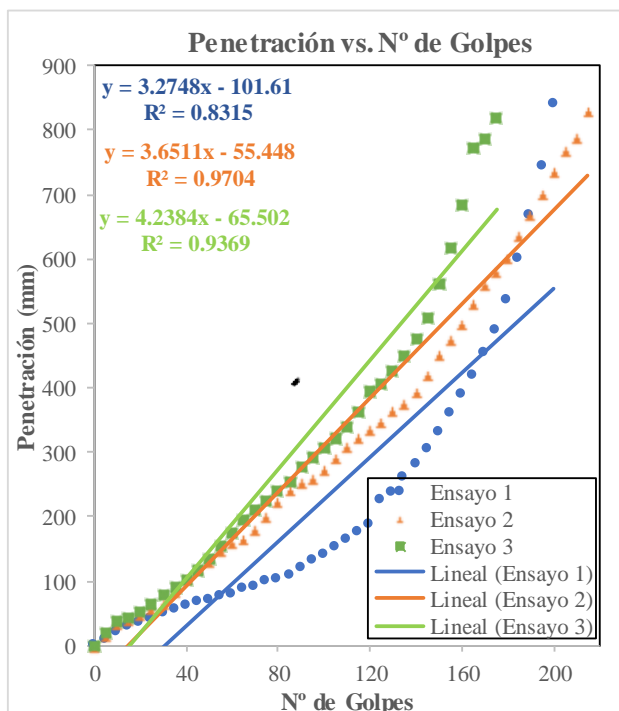


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Huambaló
 Sector: La Florida
 Normas: ASTM D 6951-03

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 775673
 Y: 9848597

ENSAYO DCP

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
5	8	16	21
10	20	34	38
15	28	40	44
20	36	50	52
25	39	58	65
30	48	68	77
35	55	83	89
40	60	104	102
45	66	123	117
50	69	131	135
55	75	150	155
60	79	160	176
65	86	167	196
70	91	181	210
75	98	201	226
80	103	225	238
85	109	241	253
90	120	254	277
95	131	260	293
100	139	274	307
105	151	292	322
110	163	310	340
115	176	325	361
120	186	336	394
125	226	347	407
130	235	364	426
135	260	377	449
140	281	395	475
145	305	420	509
150	330	452	560
155	360	477	618
160	389	499	684
165	418	533	772
170	452	562	787
175	489	582	818
180	536	603	
185	598	638	
190	666	670	
195	742	703	
200	838	738	
205		768	
210		790	
215		829	



DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	3.721
2	
3	

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 142. Ensayo DCP # 7



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

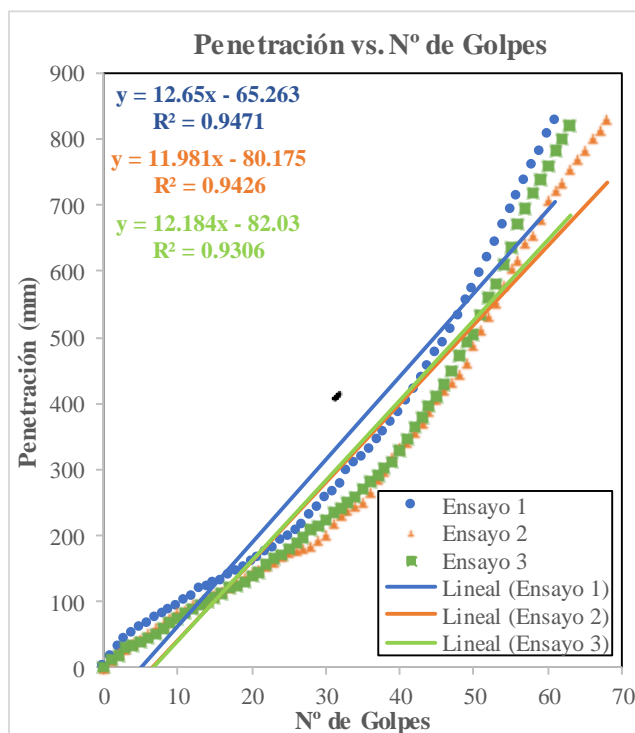


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Perezpamba
 Normas: ASTM D 6951-03

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 778080
 Y: 9843652

ENSAYO DCP

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	17	14	12
2	30	26	20
3	43	32	30
4	50	40	33
5	59	45	40
6	65	53	45
7	75	63	52
8	81	70	60
9	86	78	68
10	93	85	75
11	100	88	82
12	107	97	90
13	117	100	94
14	120	107	102
15	126	112	107
16	131	119	114
17	139	123	120
18	146	130	124
19	151	138	130
20	159	144	138
21	164	151	144
22	173	156	157
23	181	162	165
24	191	171	172
25	197	176	180
26	207	179	190
27	216	182	197
28	229	187	208
29	241	194	215
30	255	202	224
31	266	220	234
32	277	232	242
33	296	241	250
34	308	247	260
35	317	254	272
36	330	269	281
37	343	288	292
38	356	300	302
39	369	319	312
40	385	334	330
41	401	343	348
42	419	357	364
43	436	372	380



DN (mm/golpe)		DN (prom)
1	12.65	12.272
2	11.981	
3	12.184	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
44	455	391	395
45	474	407	411
46	491	422	428
47	510	434	450
48	532	446	472
49	553	465	492
50	573	489	505
51	596	512	534
52	619	534	560
53	642	554	582
54	667	580	609
55	691	607	635
56	712	619	670
57	736	646	695
58	759	657	719
59	781	681	739
60	806	708	760
61	825	725	782
62		736	800
63		757	820
64		772	
65		784	
66		802	
67		815	
68		832	

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 143. Ensayo DCP # 8



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

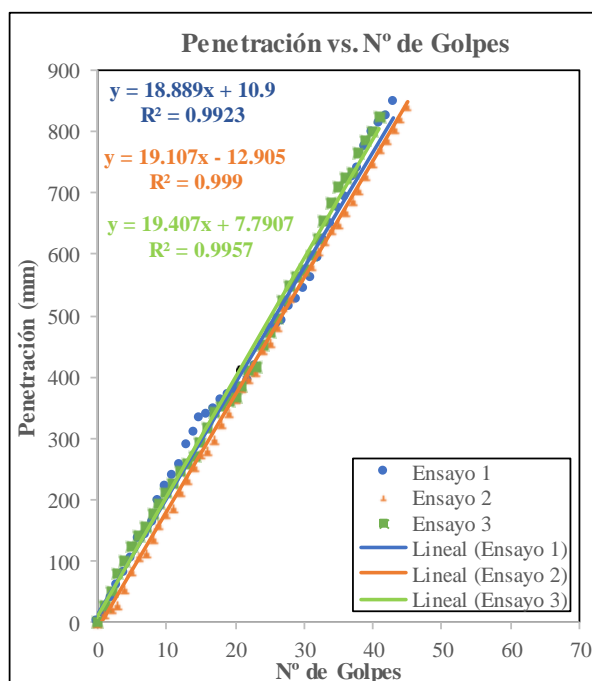


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Perezpamba
 Normas: ASTM D 6951-03

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 778482
 Y: 9843335

ENSAYO DCP

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	14	17	29
2	40	25	50
3	60	32	81
4	80	57	100
5	103	86	124
6	137	111	141
7	142	116	155
8	162	140	176
9	196	163	194
10	222	180	213
11	238	190	227
12	255	216	246
13	289	235	259
14	310	256	270
15	333	275	295
16	339	283	316
17	346	299	344
18	360	327	352
19	369	343	360
20	376	366	366
21	381	384	385
22	392	398	410
23	418	412	418
24	450	446	452
25	479	458	471
26	484	485	496
27	491	516	526
28	514	532	549
29	526	566	562
30	544	576	574
31	559	585	599
32	591	606	625
33	622	625	653
34	647	643	682
35	673	652	709
36	693	672	723
37	723	688	734
38	739	707	765
39	773	730	785
40	796	750	799
41	811	773	822
42	824	788	
43	848	806	
44		824	
45		843	
46		0	



DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	19.134
2	
3	

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 144. Ensayo DCP # 9



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

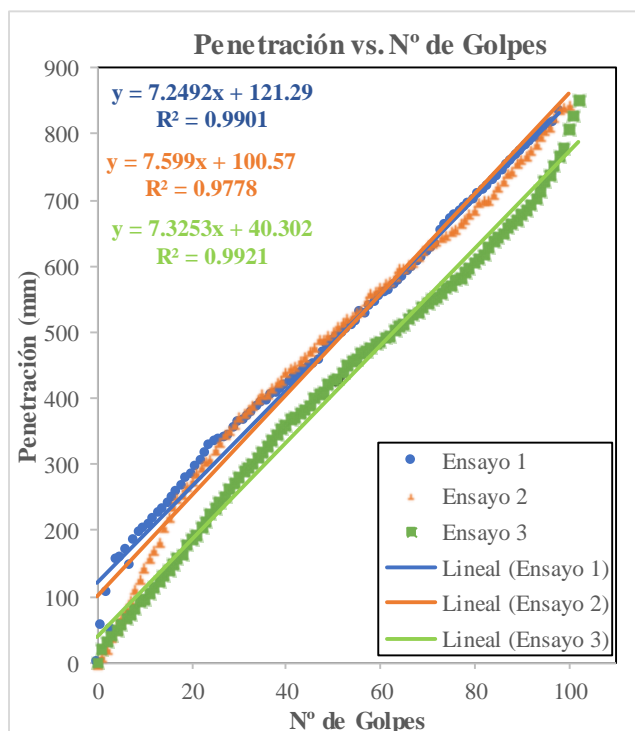


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: San Andrés de Pillate
 Normas: ASTM D 6951-03

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 776266
 Y: 9839213

ENSAYO DCP

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	54	11	19
2	104	24	32
3	48	41	40
4	154	52	49
5	158	69	59
6	168	84	66
7	146	97	73
8	184	114	82
9	194	127	92
10	201	146	96
11	208	160	104
12	216	172	114
13	224	184	122
14	232	206	130
15	240	223	139
16	248	238	148
17	257	250	156
18	267	258	164
19	276	268	177
20	284	277	186
21	294	289	193
22	305	299	204
23	314	306	214
24	327	311	224
25	334	325	233
26	337	335	243
27	340	348	252
28	342	353	263
29	352	363	272
30	362	374	280
31	364	379	288
32	372	385	295
33	378	390	302
34	386	401	310
35	390	408	318
36	395	410	326
37	402	418	335
38	407	427	344
39	413	430	352
40	419	441	360
41	424	447	367
42	430	451	372
43	435	458	378



DN (mm/golpe)		DN (prom)
1	7.2492	7.391
2	7.599	
3	7.3253	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
44	441	465	384
45	446	473	389
46	451	479	400
47	456	490	406
48	467	492	410
49	479	496	420
50	485	503	426
51	490	512	430
52	497	518	439
53	502	523	450
54	508	527	456
55	514	532	460
56	530	534	467
57	526	550	470
58	538	561	477
59	544	563	482
60	552	569	485
61	557	576	490
62	562	580	495
63	570	588	503
64	576	598	508
65	582	600	512
66	589	605	519
67	596	607	526
68	604	616	529
69	612	626	537
70	619	633	544
71	626	636	548
72	632	639	553
73	651	647	559
74	661	650	566
75	670	654	571
76	676	659	578
77	682	666	583
78	687	673	589
79	694	682	597
80	698	688	604
81	706	698	610
82	713	701	618
83	720	703	628
84	727	710	636
85	735	722	643
86	742	730	650
87	751	743	658
88	758	745	664
89	766	758	670
90	773	763	678
91	780	768	683
92	787	778	694
93	792	785	703
94	800	798	713
95	806	806	727
96	812	814	738
97	817	827	752
98	834	838	766
99		842	778
100		845	808
101			827
102			852

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 145. Ensayo DCP # 10



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

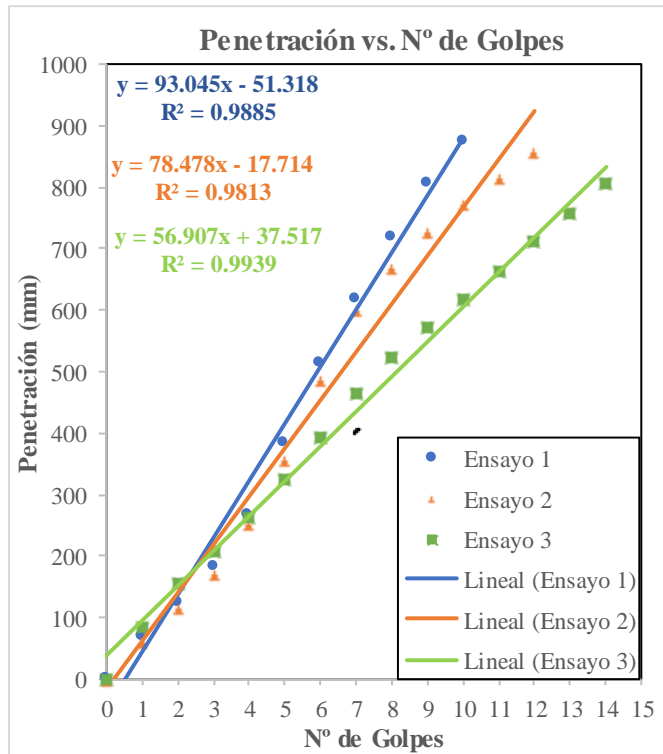


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: San Andrés de Pillate
 Normas: ASTM D 6951-03

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 776206
 Y: 9839304

ENSAYO DCP

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	69	62	85
2	122	115	156
3	181	173	208
4	266	253	262
5	384	357	324
6	513	488	393
7	618	601	465
8	719	670	524
9	806	726	572
10	875	772	617
11		816	661
12		858	710
13			757
14			804



DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	76.143
2	
3	

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 146. Ensayo DCP # 11



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

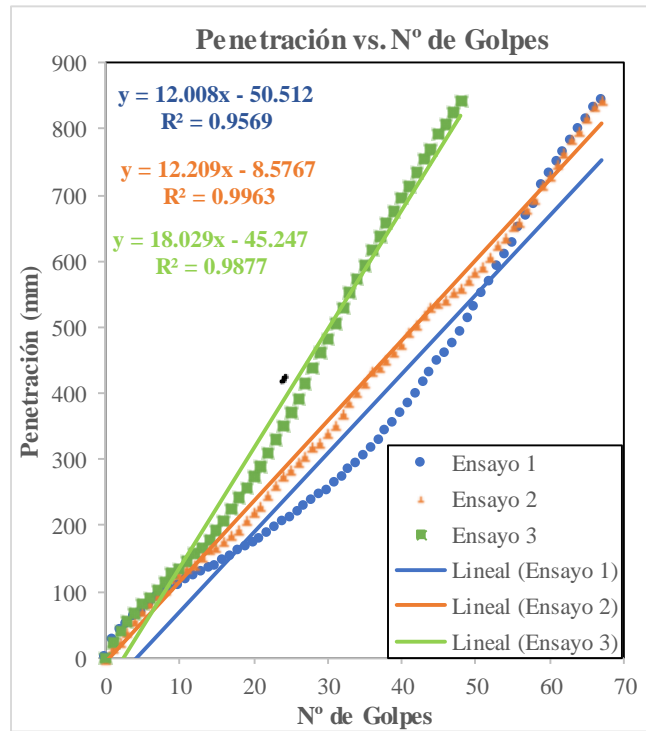


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Chanchaloma
 Normas: ASTM D 6951-03

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 1
 Coordenadas: X: 778305
 Y: 9844955

ENSAYO DCP

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	26	17	23
2	40	27	40
3	49	41	54
4	61	59	67
5	66	74	80
6	77	83	91
7	89	97	102
8	96	106	114
9	102	122	127
10	109	128	135
11	115	137	146
12	121	143	156
13	129	154	167
14	134	165	178
15	138	170	192
16	145	178	208
17	152	188	224
18	159	195	241
19	166	211	257
20	172	221	274
21	179	230	290
22	187	248	311
23	196	263	329
24	204	276	350
25	211	285	372
26	220	298	390
27	228	308	414
28	236	321	437
29	244	328	462
30	252	341	483
31	262	353	506
32	272	371	530
33	284	388	551
34	292	402	573
35	305	418	594
36	314	435	616
37	326	441	637
38	341	453	657
39	354	464	676
40	367	475	697
41	383	493	714
42	398	506	735
43	414	521	753



DN (mm/golpe)		DN (prom)
1	12.008	14.082
2	12.209	
3	18.029	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
44	430	531	770
45	446	538	791
46	459	543	806
47	474	556	823
48	492	562	842
49	511	572	
50	530	584	
51	549	594	
52	568	609	
53	589	626	
54	608	637	
55	626	655	
56	649	662	
57	667	681	
58	685	697	
59	712	716	
60	730	732	
61	747	749	
62	764	767	
63	781	785	
64	799	798	
65	814	820	
66	831	836	
67	843	845	

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 147. Ensayo DCP # 12



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

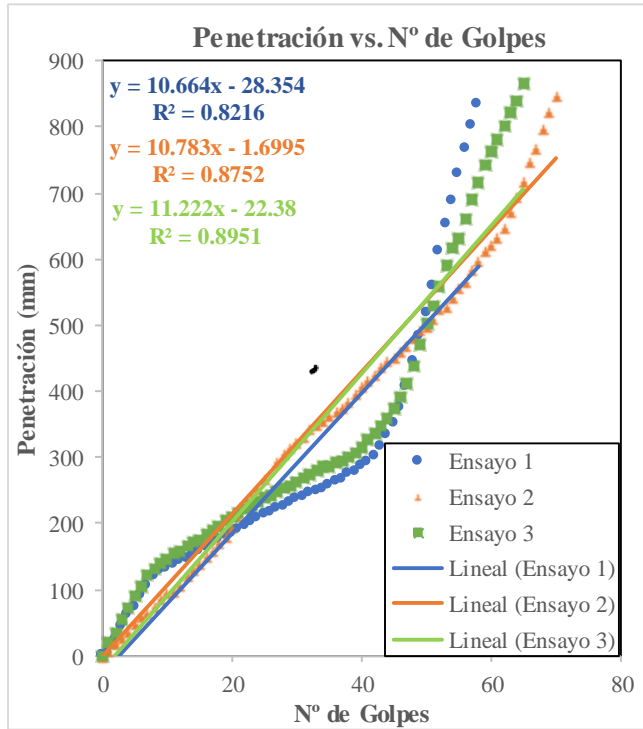


Provincia: Tungurahua
 Cantón: Pelileo
 Parroquia: Cotaló
 Sector: Chanchaloma
 Normas: ASTM D 6951-03

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Carvajal Villacres Lisett
 Número de muestra: 2
 Coordenadas: X: 777967
 Y: 9844885

ENSAYO DCP

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	2	9	20
2	24	20	36
3	42	28	55
4	60	38	74
5	72	48	91
6	90	60	106
7	106	67	121
8	118	75	132
9	127	87	140
10	132	95	147
11	138	100	154
12	143	109	158
13	147	121	165
14	152	132	172
15	157	140	176
16	163	151	184
17	168	161	191
18	174	171	196
19	182	182	203
20	183	196	210
21	190	213	216
22	196	227	222
23	202	238	227
24	207	254	234
25	212	268	238
26	216	945	242
27	222	296	248
28	226	307	254
29	231	316	256
30	235	323	262
31	240	334	268
32	244	345	274
33	247	350	280
34	252	356	285
35	257	366	286
36	262	371	292
37	267	378	296
38	273	386	302
39	277	398	307
40	286	410	316
41	292	419	326
42	302	428	337
43	314	439	348



DN (mm/golpe)	DN (prom)
1	10.664
2	10.783
3	11.222
10.890	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
44	332	448	360
45	444	482	439
46	482	494	471
47	517	500	502
48	557	511	529
49	612	525	558
50	652	530	590
51	687	543	616
52	728	559	631
53	767	567	660
54	802	585	689
55	832	599	716
56		614	742
57		623	762
58		633	781
59		649	800
60		671	822
61		696	839
62		719	865
63		748	
64		770	
65		797	
66		823	
67		847	

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

B. CONTEO DE TRÁFICO

Tabla 148. Conteo Tráfico Vehicular

HORA	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	MOTOS	BUSES			CAMIONES				TOTAL	TOTAL HORA
				Livianos	Medianos	Pesados	DOS EJES		TRES EJES	> TRES EJES		
							Livianos	Medianos				
07:00 - 07:15	1	1									2	7
07:15 - 07:30			1					1			2	
07:30 - 07:45					1						1	
07:45 - 08:00	1						1				2	
08:00 - 08:15	2	1	1								4	9
08:15 - 08:30											0	
08:30 - 08:45	1	1			1						3	
08:45 - 09:00	1		1								2	
09:00 - 09:15	1										1	7
09:15 - 09:30	1	1		1							3	
09:30 - 09:45			1		1						2	
09:45 - 10:00		1									1	
10:00 - 10:15	1										1	6
10:15 - 10:30	1		1								2	
10:30 - 10:45		1									1	
10:45 - 11:00	2										2	
11:00 - 11:15	1	1	1								3	11
11:15 - 11:30	2						1				3	
11:30 - 11:45		1		1	1						3	
11:45 - 12:00	1							1			2	
12:00 - 12:15	1		1								2	7
12:15 - 12:30		1					1				2	
12:30 - 12:45											0	
12:45 - 13:00	1	1	1								3	
13:00 - 13:15		1									1	10
13:15 - 13:30	1	1	1								3	
13:30 - 13:45			1		1			1			3	
13:45 - 14:00	1	1					1	1			3	
14:00 - 14:15	2		1								3	11
14:15 - 14:30	1	1		1							3	
14:30 - 14:45			1		1		1				3	
14:45 - 15:00	1	1									2	
15:00 - 15:15	1	2									3	10
15:15 - 15:30	2		1								3	
15:30 - 15:45		1			1						2	
15:45 - 16:00	1		1								2	
16:00 - 16:15	1	1									2	9
16:15 - 16:30	1		1								2	
16:30 - 16:45		1	1				1				3	
16:45 - 17:00	2										2	
17:00 - 17:15	1	1									2	12
17:15 - 17:30	1	1									2	
17:30 - 17:45	1		1	1	1		1				5	
17:45 - 18:00		2	1								3	
18:00 - 18:15	1										1	12
18:15 - 18:30			1	1				1			3	
18:30 - 18:45	2	1			1		1				5	
18:45 - 19:00	1	1	1								3	

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 149. Conteo Tráfico Vehicular

HORA	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	MOTOS	BUSES			CAMIONES				TOTAL	TOTAL HORA
				Livianos	Medianos	Pesados	DOS EJES		TRES EJES	> TRES EJES		
							Livianos	Medianos				
07:00 - 07:15	1										1	9
07:15 - 07:30	1	1	1				1				4	
07:30 - 07:45		1	2		1						4	
07:45 - 08:00											0	11
08:00 - 08:15	3	1	1								5	
08:15 - 08:30	1										1	
08:30 - 08:45		1	1		1						3	8
08:45 - 09:00	1							1			2	
09:00 - 09:15	1	1	1								3	
09:15 - 09:30		2									2	10
09:30 - 09:45		1	1								2	
09:45 - 10:00							1				1	
10:00 - 10:15		1									1	12
10:15 - 10:30	2		1								3	
10:30 - 10:45		2	1		1						4	
10:45 - 11:00	1	1									2	11
11:00 - 11:15	1	1									2	
11:15 - 11:30			2								2	
11:30 - 11:45	2		1		1			1			5	9
11:45 - 12:00	1	2									3	
12:00 - 12:15	1	1									2	
12:15 - 12:30							1				1	12
12:30 - 12:45	1	2	1								4	
12:45 - 13:00	3	1									4	
13:00 - 13:15											0	10
13:15 - 13:30	1		1				1				3	
13:30 - 13:45	1	1	1		1			1			5	
13:45 - 14:00		1									1	11
14:00 - 14:15	1										1	
14:15 - 14:30		1	2								3	
14:30 - 14:45	1		1		1		1				4	10
14:45 - 15:00	2	1	1								4	
15:00 - 15:15	1		1						1		2	
15:15 - 15:30		2									2	11
15:30 - 15:45	1		2				1				4	
15:45 - 16:00	1	1									2	
16:00 - 16:15	2	1									3	17
16:15 - 16:30	1										1	
16:30 - 16:45		1	1		1						3	
16:45 - 17:00	1	1	2								4	12
17:00 - 17:15	1	1									2	
17:15 - 17:30	1	1	2				1				5	
17:30 - 17:45	2		1		1						4	12
17:45 - 18:00	3	2	1								6	
18:00 - 18:15	1		1								2	
18:15 - 18:30	2	3									5	12
18:30 - 18:45	1	1	1								3	
18:45 - 19:00		2									2	

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 150. Conteo Tráfico Vehicular

HORA	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	MOTOS	BUSES			CAMIONES			TOTAL	TOTAL HORA	
				Livianos	Medianos	Pesados	DOS EJES		TRES EJES			> TRES EJES
							Livianos	Medianos				
07:00 - 07:15	2	1	1							4	10	
07:15 - 07:30	1						1			2		
07:30 - 07:45			1		1					2		
07:45 - 08:00	1	1								2		
08:00 - 08:15	1									1	11	
08:15 - 08:30			1				1			2		
08:30 - 08:45	2	1			1			1		5		
08:45 - 09:00	1	1	1							3		
09:00 - 09:15		2								2	10	
09:15 - 09:30	1		2							3		
09:30 - 09:45		1	1				1			3		
09:45 - 10:00	1		1							2		
10:00 - 10:15	2	1	1							4	12	
10:15 - 10:30	1		1							2		
10:30 - 10:45		2			1					3		
10:45 - 11:00	1	1	1							3		
11:00 - 11:15	1	3								4	13	
11:15 - 11:30			3							3		
11:30 - 11:45	1		1				1			3		
11:45 - 12:00	1	1	1							3		
12:00 - 12:15	1		1							2	10	
12:15 - 12:30	1		1							2		
12:30 - 12:45	1	1	1							3		
12:45 - 13:00		2	1							3		
13:00 - 13:15	2									2	9	
13:15 - 13:30		1	1				1			3		
13:30 - 13:45			1		1					2		
13:45 - 14:00	1	1								2		
14:00 - 14:15	1	2								3	13	
14:15 - 14:30		1	1				1			3		
14:30 - 14:45	2		3		1					6		
14:45 - 15:00		1								1		
15:00 - 15:15		1	1							2	10	
15:15 - 15:30	2	1								3		
15:30 - 15:45	1		2							3		
15:45 - 16:00		2								2		
16:00 - 16:15	1	1								2	11	
16:15 - 16:30	1	2	2							5		
16:30 - 16:45		1	1							2		
16:45 - 17:00	1	1								2		
17:00 - 17:15	1									1	17	
17:15 - 17:30	3	1	2				1			7		
17:30 - 17:45	1	2	2		1		1			7		
17:45 - 18:00		1	1							2		
18:00 - 18:15	1		1							2	11	
18:15 - 18:30	2	1								3		
18:30 - 18:45	1		1				1			3		
18:45 - 19:00	1	1	1							3		

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 151. Conteo de Tráfico Vehicular

HORA	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	MOTOS	BUSES			CAMIONES			TOTAL	TOTAL HORA	
				Livianos	Medianos	Pesados	DOS EJES		TRES EJES			> TRES EJES
							Livianos	Medianos				
07:00 - 07:15		1								1	11	
07:15 - 07:30	1		1							2		
07:30 - 07:45	1	2	1		1					5		
07:45 - 08:00	3									3		
08:00 - 08:15	1	1								2	8	
08:15 - 08:30			2							2		
08:30 - 08:45			1				1			2		
08:45 - 09:00	1	1								2		
09:00 - 09:15	2									2	9	
09:15 - 09:30	1	1	1							3		
09:30 - 09:45			1		1					2		
09:45 - 10:00	1	1								2		
10:00 - 10:15		1								1	7	
10:15 - 10:30	1	1	1							3		
10:30 - 10:45	1									1		
10:45 - 11:00		1	1							2		
11:00 - 11:15	1	2								3	12	
11:15 - 11:30		1					1			2		
11:30 - 11:45		1	1		1			1		4		
11:45 - 12:00	1		2							3		
12:00 - 12:15	2		1							3	9	
12:15 - 12:30	1									1		
12:30 - 12:45		2	1				1			4		
12:45 - 13:00		1								1		
13:00 - 13:15		2								2	10	
13:15 - 13:30		1	1							2		
13:30 - 13:45	1		1		1					3		
13:45 - 14:00	1	1	1							3		
14:00 - 14:15		1								1	11	
14:15 - 14:30	1		1							2		
14:30 - 14:45	1	2	1							4		
14:45 - 15:00	1	3								4		
15:00 - 15:15		2								2	11	
15:15 - 15:30	1	1	1							3		
15:30 - 15:45		1			1					2		
15:45 - 16:00	1	3								4		
16:00 - 16:15		1								1	7	
16:15 - 16:30	1	1								2		
16:30 - 16:45			1							1		
16:45 - 17:00	1	1	1							3		
17:00 - 17:15	1		1							2	20	
17:15 - 17:30		3	3				1			7		
17:30 - 17:45	1	4	2		1					8		
17:45 - 18:00	2	1								3		
18:00 - 18:15	1	1								2	10	
18:15 - 18:30			1							1		
18:30 - 18:45	2	1	1							4		
18:45 - 19:00	1	2								3		

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres

Tabla 152. Resumen Conteo Vehicular

HORA	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	VOLUMEN PROMEDIO DIARIO
07:00 - 08:00	7	9	10	11	9
08:00 - 09:00	9	11	11	8	10
09:00 - 10:00	7	8	10	9	9
10:00 - 11:00	6	10	12	7	9
11:00 - 12:00	11	12	13	12	12
12:00 - 13:00	7	11	10	9	9
13:00 - 14:00	10	9	9	10	10
14:00 - 15:00	11	12	13	11	12
15:00 - 16:00	10	10	10	11	10
16:00 - 17:00	9	11	11	7	10
17:00 - 18:00	12	17	17	20	17
18:00 - 19:00	12	12	11	10	11

Autor: Lisett Nataly Carvajal Villacres