



ESCUELA POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

“EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE
RESISTENCIA AL CORTE MEDIANTE DIFERENTES ENSAYOS
DE CAMPO Y LABORATORIO EN EL TALUD DE LA VÍA DE
INGRESO A LA PARROQUIA SANTA ANA DEL CANTÓN
CUENCA.”

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

MAGISTER EN GEOTECNIA

PRESENTADO POR:

ING. ALEX EDUARDO ORDOÑEZ CASTRO

ING. PABLO ALEJANDRO GAROFALO MALDONADO

GUAYAQUIL- ECUADOR

2021

DEDICATORIA

Quiero dedicar la obtención de este título a mis padres, esposa e hijas quienes son mi bandera de lucha y superación y que me han ayudado, comprendido y dado fortaleza en este duro camino hasta la culminación de este logro.

Dedicatoria especial a mis abuelos Ignacio y Olga que hoy no están conmigo en presencia, pero están siempre en mi corazón y quienes han sido mi ejemplo de vida.

Alex O.

Dedicar este logro con todo mi amor a mis hijos, Mathias y Luciana quienes son mi fortaleza.

Al amor de Vilma.

Pablo G.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento sincero al Dr. Jaime Bojorque Ñeguez, por su tiempo y todo el conocimiento brindado para la elaboración de este trabajo.

A la Escuela Politécnica del Litoral que a través de su departamento CIPAT brindo sus recursos y herramientas que fueron necesarios para este trabajo de investigación.

A la Ilustre Municipalidad de Cuenca que por medio de su Dirección de Obras Publicas brindo sus recursos tanto maquinara y personal para la obtención de los ensayos de perforación.

Al laboratorio InGeoTec que permitió el uso de sus instalaciones para ejecución y procesamiento de datos que sirvieron para este trabajo de investigación

Muchas gracias a todos.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Alex Eduardo Ordoñez Castro y Pablo Alejandro Garofalo Maldonado damos el consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Alex Eduardo Ordoñez Castro

Pablo Alejandro Garofalo Maldonado

EVALUADORES

Nombre del profesor del curso
PROFESOR DE LA MATERIA

Ing. Jaime Bojorque Iñiguez, PhD
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La determinación de los parámetros y propiedades geotécnicas de los materiales es un objetivo de gran importancia para un adecuado diseño geotécnico, sin embargo, los métodos de exploración geotécnica utilizados en muchos casos tienen una gran incertidumbre desembocando en altos costos en el diseño final.

Los parámetros geotécnicos pueden ser determinados por diversos ensayos de campo y laboratorio existiendo una diferencia notable en costos entre estos, tomando en cuenta que actualidad en nuestro país existe una limitada cantidad de equipos y accesibilidad de estos.

Se presenta en este trabajo un análisis comparativo de los parámetros de corte obtenidos con distintas correlaciones existentes de los ensayos de campo y laboratorio como: sísmica de refracción, sondeos eléctricos verticales, SPT, ensayo de veleta, ensayo triaxial no confinado no drenado, ensayo de corte directo, y compresión no confinada, realizados en el material en talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana del cantón Cuenca.

Con la finalidad de realizar un modelo estratigráfico del talud evaluado, se realizó la obtención de muestras de campo mediante perforaciones y calicatas en distintos puntos del deslizamiento, además complementando con una campaña geofísica que abarcó la mayor extensión del talud deslizado.

Utilizando las correlaciones existentes para la obtención de los parámetros de corte se concluye que los resultados obtenidos por los distintos ensayos de campo y laboratorio difieren considerablemente, por lo que se realizó la evaluación adicional del entorno geológico y se tomó los parámetros más conservadores para realizar el análisis de estabilidad estático y pseudoestático mediante un modelo de equilibrio límite.

ABSTRACT

The determination of parameters and geotechnical properties of the materials in situ is an objective of great importance for an adequate geotechnical design, however, the geotechnical exploration methods used in many cases have a great uncertainty leading to high costs in the final design.

The geotechnical parameters can be determined by various field and laboratory tests, and there is a notable difference in cost between them, taking into account that currently in our country there is a limited amount of equipment and accessibility of these.

This paper presents a comparative analysis of the shear parameters obtained with different existing correlations of field and laboratory tests such as: seismic refraction, vertical electrical soundings, SPT, vane test, unconfined undrained triaxial test, direct shear test, and unconfined compression, carried out in the slope of the entrance road to the Santa Ana of Cuenca Canton.

In order to carry out a stratigraphic model of the evaluated slope, field samples were obtained by drilling and ditches in different points of the landslide, complemented with a geophysical campaign that covered a greater extension of the slope.

Using the existing correlations to obtain the shear parameters, it was concluded that the results obtained by the different field and laboratory tests differed considerably, so an additional evaluation of the geological environment was performed and the most conservative parameters were taken to perform the static and pseudo-static stability analysis by means of a limit equilibrium model.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
CAPÍTULO 1	19
1 INTRODUCCIÓN.....	19
1.1 Antecedentes	19
1.2 Descripción del problema	20
1.3 Objetivos.....	21
1.3.1 Objetivo General	21
1.3.2 Objetivos específicos.....	21
1.4 Información relacionada al área de estudio	21
1.4.1 Ubicación Geográfica y Límites	21
1.4.2 Geomorfología	23
1.4.3 Geología Regional	26
1.4.4 Geología Local	28
1.4.4.1 Formación Quingeo.....	30
1.4.4.2 Formación Yunguilla	30
1.4.4.3 Formación Mangan (M M).....	31
1.4.4.4 Formación Turi.....	31
1.4.4.5 Formación Tarqui (PT).....	31
1.4.4.6 Formación Biblián.....	32
1.5 Hidrología	33
CAPÍTULO 2	34
2. METODOLOGÍA.....	34
2.1 Primera etapa	34

2.2 Segunda etapa	35
2.2.1 Perforación con recuperación de testigo	35
2.2.2 Ensayos SPT.....	36
2.2.3 Sísmica de refracción	37
2.2.4 Sondeos eléctricos verticales.....	38
2.2.5 Calicatas	39
2.2.6 Ensayo de Veleta.....	40
2.3 Tercera etapa.....	40
2.4 Cuarta etapa	41
CAPÍTULO 3	42
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	42
3.1 Caracterización del suelo	42
3.1.1 Contenido de humedad natural del suelo	42
3.1.2 Análisis granulométrico por tamizado	42
3.1.3 Límites de consistencia	44
3.1.4 Clasificación del suelo	46
3.2 Ensayos de campo.....	47
3.2.1 Ensayo de penetración estándar (SPT).....	47
3.2.1.1 Generalidades y procedimiento	47
3.2.1.2 Método de perforación	50
3.2.1.3 Criterios para interrumpir ensayo	51
3.2.1.4 Factores de variación en la medición de NSPT	51
3.2.1.5 Correcciones por procedimiento de campo	52
3.2.1.5.1 Eficiencia del matillo al golpear (EH).....	52
3.2.1.5.2 Diámetro de la perforación (CB).....	53
3.2.1.5.2 Método de muestreo (CS)	53
3.2.1.5.4 Longitud del varillaje (CR)	53

3.2.1.6 Corrección por sobrecarga en suelos granulares	54
3.2.1.6 Corrección por dilatación y nivel freático.....	55
3.2.1.8 Correlaciones entre el ensayo de SPT y diferentes parámetros del suelo	55
3.2.1.9 Densidad relativa, compacidad en arenas	56
3.2.1.10 Consistencia en suelos finos	57
3.2.1.10.1 Peso específico	57
3.2.1.11 Correlaciones del ensayo SPT con los parámetros de resistencia al corte	58
3.2.1.11.1 Ángulo de fricción interno	58
3.2.1.11.2 Resistencia al corte no drenado	59
3.2.2 Ensayos de sismica de refracción.....	61
3.2.2.1 Procedimiento.....	62
3.2.2.2 Cálculo de la profundidad de estratos.....	64
3.2.2.3 Problemas de zonas ciegas	65
3.2.2.4 Correcciones por elevación	66
3.2.3 Sondeos eléctricos verticales.....	66
3.2.3.1 Concepto de resistividad eléctrica	66
3.2.3.2 Flujo de corriente.....	67
3.2.3.3 Elaboración de los modelos de resistividad eléctrica real del subsuelo ..	68
3.2.4 Ensayo de la veleta.....	68
3.2.4.2 Cálculo de resistencia máxima del corte no drenado	70
3.3 Ensayos de Laboratorio	71
3.3.1 Resistencia al corte mediante ensayo de corte directo	71
3.3.2 Resistencia al corte mediante ensayo triaxial no confinado no drenado (UU)	73
3.3.3 Resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos	75
CAPÍTULO 4	77
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	77

4.1 Caracterización del suelo mediante ensayos de laboratorio	77
4.1.1 Perforación 1	77
4.1.2 Perforación 2	78
4.1.3 Perforación 3	78
4.1.4 Perforación 4	80
4.2 Resultado de los ensayos de campo	81
4.2.1 Corrección de número de golpes, parámetros geotécnicos en base a correlaciones y perfil estratigráfico.....	81
4.2.2.1 Perforación 1:	81
4.2.2.2 Perforación 2:	86
4.2.2.3 Perforación 3:	91
4.2.2.4 Perforación 4:	96
4.3 Resultados sísmica de refracción	101
4.3.1 Detalle de líneas sísmicas.....	101
4.3.2 Sismogramas	102
4.3.3 Resultados de investigaciones sísmicas	106
4.3.4 Domocrona – Perfil estratigráfico obtenido	106
4.3.5 Ondas Primarias o de compresión (P)	107
4.3.6 Descripción de línea sísmica LS1:	107
4.3.7 Descripción de línea sísmica LS2:	108
4.3.8 Descripción de línea sísmica LS 3:	108
4.3.9 Descripción de línea sísmica LS 4:	109
4.3.10 Cálculo de parámetros geotécnicos a partir de sísmica de refracción.....	110
4.4 Resultados sondeos eléctricos verticales	113
4.4.1 Procedimiento.....	113
4.5 Resultados ensayo veleta	120
4.5.3 Tipos de Veleta.....	121

4.6	Parámetros de resistencia al corte con ensayos de laboratorio	122
4.6.1	Ensayo Triaxial no confinado no drenado (UU)	122
4.6.2	Ensayo de corte directo	123
4.6.3	Ensayo de compresión no confinada.....	124
4.7	Estimación de la de resistencia al corte no drenado (su) mediante correlaciones del ensayo SPT.....	127
4.7.1	Perforación 1:	127
4.7.2	Perforación 2:	127
4.7.3	Perforación 3:	127
4.7.4	Perforación 4:	128
4.8	Compresión no confinada y ensayo de la veleta en calicatas	133
4.49	Comparación de los parámetros de resistencia al corte no drenado mediante ensayos de laboratorio y de campo.	133
CAPÍTULO 5		136
5. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD		136
5.1	Zonificación del Grado de Sismicidad.....	136
5.2	Análisis de estabilidad	136
5.2.1	Factor de seguridad	136
5.2.2	Análisis dinámico (pseudostático) de taludes.....	138
5.2.3	Factor sísmico	138
5.2.4	Método de equilibrio límite.....	142
5.3	Modelo geotécnico.....	143
5.3.1	Análisis de estabilidad en condiciones estáticas	143
5.3.2	Análisis de estabilidad en condiciones pseudostáticas	145
CAPÍTULO 6		147
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		147
BIBLIOGRAFIA		150
ANEXOS		154

Anexo 1.....	154
Calicata 1.....	154
Calicata 2.....	156
Calicata 3.....	158
Anexo 2.....	160
Perforacion Pozo 1	160
Perforacion Pozo 2	171
Perforacion Pozo 3	198
Perforacion Pozo 4	221
Anexo 3.....	240
Reporte Fotogrametría.....	240
Anexo 4.....	249
Reporte Fotografico.....	249

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Coordenadas de ubicación de pozos de perforación.....	35
Tabla 2	Profundidades de ensayos de compresión simple.	36
Tabla 3	Coordenadas de ubicación de líneas sísmicas.	37
Tabla 4	Coordenadas de ubicación de líneas de sondeos eléctricos verticales.	38
Tabla 5	Coordenadas de ubicación de calicatas.	39
Tabla 6	Coordenadas de ubicación de ensayos de veleta.	40
Tabla 7	Eficiencia del Martillo SPT.	52
Tabla 8	Factores de correcciones por diámetro de perforación,.....	54
Tabla 9	Aplicabilidad del SPT para estimar parámetros geotécnicos del suelo.....	56
Tabla 10	Clasificación en arenas de Terzaghi y Peck (1948) y modificada por (Skempton, 1986).	56
Tabla 11	Consistencia de suelos finos y/o arcillosos	57
Tabla 12	Peso específico húmedo en suelos arenosos.....	57
Tabla 13	Consistencia de suelos finos y/o arcillosos.	57
Tabla 14	Correlación entre N_{60} y S_u para suelos de grano fino saturados.....	60
Tabla 15	Caracterización del suelo en perforación 1.	77
Tabla 16	Caracterización del suelo en perforación 2.	78
Tabla 17	Caracterización del suelo en perforación 3	80
Tabla 18	Caracterización del suelo en perforación 4.	81
Tabla 19	Caracterización del suelo en perforación 1.	82
Tabla 20	Caracterización del suelo en perforación 2.	87
Tabla 21	Caracterización del suelo en perforación 3.	92
Tabla 22	Caracterización del suelo en perforación 4	97
Tabla 23	Ubicación y longitudes de líneas sísmicas	101
Tabla 24	Velocidades obtenida por estrato LS1.....	107
Tabla 25	Velocidades obtenida por estrato LS2.....	108
Tabla 26	Velocidades obtenida por estrato LS3.....	109
Tabla 27	Velocidades obtenida por estrato LS4.....	110
Tabla 28	Valores de parámetros de elasticidad del suelo.....	112
Tabla 29	Valores de parámetros de elasticidad del suelo.....	112
Tabla 30	Valores de resistividad obtenidos en campo SEV 1.	113
Tabla 31	Valores de resistividad obtenidos en campo SEV 2.	115

Tabla 32	Valores de resistividad obtenidos en campo SEV 3.	116
Tabla 33	Valores de resistividad obtenidos en campo SEV 4.	117
Tabla 34	Valores de resistividad obtenidos en campo SEV 5.	118
Tabla 35	Dimensiones de veleta aconsejables.....	121
Tabla 36	Cuadro de ubicación de calicatas	121
Tabla 37	Cálculo de Su.....	122
Tabla 38	Resistencia a la compresión simple mediante ensayo de compresión no confinada en perforaciones.....	125
Tabla 39	Resistencia a la compresión simple mediante ensayo de compresión no confinada en calicatas de profundidad de 3m.....	126
Tabla 40	Perforación 1: Estimación de los parámetros de resistencia al corte no drenado (Su) mediante correlaciones del ensayo SPT.	129
Tabla 41	Perforación 2: Estimación de los parámetros de resistencia al corte no drenado (Su) mediante correlaciones del ensayo SPT.	130
Tabla 42	Perforación 3: Estimación de los parámetros de resistencia al corte no drenado (Su) mediante correlaciones del ensayo SPT.	131
Tabla 43	Perforación 4: Estimación de los parámetros de resistencia al corte no drenado (Su) mediante correlaciones del ensayo SPT.	132
Tabla 44	Comparación de Resistencia a la compresión simple mediante ensayo de compresión no confinada en calicatas de profundidad de 3m.	133
Tabla 45	Factores de seguridad por corte mínimos.....	137
Tabla 46	Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada	139
Tabla 47	Valores del factor Z.....	139
Tabla 48	Tipo de suelo y factores de sitio Fa.....	140
Tabla 49	Cálculo del Vs30 de la línea sísmica LS1.	141
Tabla 50	Cálculo del Vs30 de la línea sísmica LS2	141
Tabla 51	Cálculo del Vs30 de la línea sísmica LS3.	141
Tabla 52	Cálculo del Vs30 de la línea sísmica LS4.	142

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Movimiento de masas en el sector de Santa Ana.	19
Gráfico 2	Ubicación de la parroquia Santa Ana.	22
Gráfico 3	Ubicación del deslizamiento en la parroquia Santa Ana –Cuenca.	23
Gráfico 4	Representación de la geomorfología presente en el área de estudio.	23
Gráfico 5	Geomorfología en la Parroquia Santa Ana.	24
Gráfico 6	Modelo Digital de Elevación en la Parroquia Santa Ana.	25
Gráfico 7	Pendientes en la Parroquia Santa Ana.	26
Gráfico 8	Mapa del Ecuador (A) División Morfotectónica del Ecuador (B) Mapa Geológico del sur del Ecuador con localizaciones series estratigráficas Miocénicas. ...	28
Gráfico 9	Mapa geológico del área de Cuenca entre Tambo y Cumbe.	29
Gráfico 10	Formaciones existentes en la Parroquia Santa Ana.	32
Gráfico 11	Microcuencas de la parroquia Santa Ana.	33
Gráfico 12	Ortofoto del área del deslizamiento.	34
Gráfico 13	Vista en 3D zona del deslizamiento.	35
Gráfico 14	Ubicación satelital de pozos de perforación.	36
Gráfico 15	Ubicación satelital de líneas sísmicas.	37
Gráfico 16	Ubicación satelital de los sondeos eléctricos verticales	38
Gráfico 17	Ubicación de calicatas en el área de estudio.	39
Gráfico 18	Definición de límites de Atterberg.	44
Gráfico 19	Clasificación SUCS.	47
Gráfico 20	Demostración del ensayo de penetración estándar con martillo tipo “donut”.	48
Gráfico 21	Cuchara partida o muestreador.	49
Gráfico 22	Tipos de pesas o martillos.	49
Gráfico 23	Barreno helicoidal para avance en profundidad.	50
Gráfico 24	Diagrama de flujo para las diferentes correcciones del valor de NSPT.	52
Gráfico 25	Coefficiente f_1	61
Gráfico 26	Dirección de ondas directas y ondas refractadas.	63
Gráfico 27	Distancia crítica / Diferencia de velocidades de estrato.	63
Gráfico 28	Domocrona/ cálculo de velocidades con pendientes inversas de rectas.	64
Gráfico 29	Corrección por diferencia de alturas en geófonos y golpe de martillo.	66
Gráfico 30	Valores de resistividad eléctrica de diferentes rocas y minerales	67
Gráfico 31	Distribución en el campo del dispositivo Schlumberger.	68

Gráfico 32	Extremo inferior de la Veleta.	69
Gráfico 33	Superficie de falla cilíndrica.....	69
Gráfico 34	Geometría de las veletas de campo.	71
Gráfico 35	Esfuerzos, trayectoria de esfuerzos y envolvente de falla en los círculos de Mohrs para ensayos triaxiales UU en arcillas 100% saturadas.	74
Gráfico 36	Esfuerzos, trayectoria de esfuerzos y envolvente de falla en los círculos de Mohrs para ensayos triaxiales UU en arcillas no saturadas.....	74
Gráfico 37	Perforación 1 (Parte 1): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.	83
Gráfico 38	Perforación 1 (Parte 2): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.	84
Gráfico 39	Perforación 1 (Parte 3): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.	85
Gráfico 40	Perforación 2 (Parte 1): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.	88
Gráfico 41	Perforación 2 (Parte 2): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.	89
Gráfico 42	Perforación 2 (Parte 3): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.	90
Gráfico 43	Perforación 3 (Parte 1): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.	93
Gráfico 44	Perforación 3 (Parte 2): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.	94
Gráfico 45	Perforación 3 (Parte 3): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.	95
Gráfico 46	Perforación 4 (Parte 1): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.	98
Gráfico 47	Perforación 4 (Parte 2): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.	99
Gráfico 48	Perforación 4 (Parte 3): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.	100
Gráfico 49	Terraloc Pro 2 system.....	102
Gráfico 50	Sismograma de disparo directo LS1.....	102
Gráfico 51	Sismograma de disparo central LS1.....	103
Gráfico 52	Sismograma de disparo inverso LS1.....	103
Gráfico 53	Sismograma de disparo directo LS2.....	103
Gráfico 54	Sismograma de disparo central LS2.....	104
Gráfico 55	Sismograma de disparo inverso LS2.....	104
Gráfico 56	Sismograma de disparo directo LS3.....	104
Gráfico 57	Sismograma de disparo central LS3.....	105
Gráfico 58	Sismograma de disparo inverso LS3.....	105
Gráfico 59	Sismograma de disparo directo LS4.....	105
Gráfico 60	Sismograma de disparo central LS4.....	106
Gráfico 61	Sismograma de disparo inverso LS4.....	106
Gráfico 62	Domocroma-Perfil estratigráfico LS1.....	107
Gráfico 63	Domocroma-Perfil estratigráfico LS2.....	108

Gráfico 64 Domocroma-Perfil estratigráfico LS 3.....	109
Gráfico 65 Domocroma-Perfil estratigráfico LS 4.....	110
Gráfico 66 Curvas del sondeo eléctrico vertical a lo largo del perfil 1.....	114
Gráfico 67 Curvas del sondeo eléctrico vertical a lo largo del perfil 2.....	115
Gráfico 68 Curvas del sondeo eléctrico vertical a lo largo del perfil 3.....	116
Gráfico 69 Curvas del sondeo eléctrico vertical a lo largo del perfil 4.....	117
Gráfico 70 Curvas del sondeo eléctrico vertical a lo largo del perfil 5.....	118
Gráfico 71 Secciones de resistividad Sev 1 , Sev 4 y Sev 5.....	119
Gráfico 72 Secciones de resistividad Sev 2 y Sev 3.....	120
Gráfico 73 Sección de Veleta.....	120
Gráfico 74 Perforación 1: Resultado del ensayo triaxial no confinado no drenado (UU).	122
Gráfico 75 Perforación 2: Resultado del ensayo triaxial no confinado no drenado (UU).	123
Gráfico 76 Calicata 3: Resultado del ensayo de corte directo. Fuente:.....	124
Gráfico 77 Resistencia a la compresión simple mediante ensayo de compresión no confinada en perforaciones.....	126
Gráfico 78 Comparación de Resistencia a la compresión simple mediante ensayo de compresión no confinada en calicatas de profundidad de 3m.....	133
Gráfico 79 Comparación de los parámetros de resistencia al corte no drenado mediante ensayos de laboratorio y de campo.....	135
Gráfico 80 Mapa para diseño sísmico.....	139
Gráfico 81 Modelo Geotécnico para análisis de estabilidad del talud.....	143
Gráfico 82 Factor de seguridad en condiciones estáticas y dovelas de análisis en superficie crítica por el método de Bishop.....	144
Gráfico 83 Factor de seguridad en condiciones estáticas y superficies de deslizamiento analizadas por el método de Bishop.....	144
Gráfico 84 Factor de seguridad en condiciones pseudo estáticas y dovelas de análisis en superficie crítica por el método de Bishop.....	145
Gráfico 85 Factor de seguridad en condiciones pseudo estáticas y superficies de deslizamiento analizadas por el método de Bishop.....	146

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los taludes exigen un adecuado control en el diseño, construcción y evaluación pues la consecuencia del fallo de estas estructuras puede tener implicaciones considerables en el aspecto económico y de seguridad.

En Ecuador, por su ubicación geográfica, el estudio de la estabilidad de taludes es de gran relevancia, pues, está localizado en una zona de alta sismicidad debido a fallas geológicas y situaciones geomorfológicas especiales.

Las condiciones topográficas y geomorfológicas presentes en la zona Andina del Ecuador sumado a factores antrópicos como la deforestación, incendios forestales, excavaciones y construcciones en taludes de fuertes pendientes, manejo inadecuado del alcantarillado y sistema de aguas servidas, además de la ausencia de sistemas de drenaje de aguas lluvias, ha llevado a que se generen grandes movimientos de tierra. Un caso particular es el movimiento de material a lo largo de la vía Cuenca - El Valle - Santa Ana – San Bartolomé - La Unión (Farinango & Zambrano, 2014).

Como se puede apreciar en el Gráfico 1 en el sector de Santa Ana se evidencia movimientos de material. El diseño y la evaluación de la estabilidad física de taludes en el área de estudio es esencial para garantizar la seguridad de las obras civiles existentes. Particularmente, en este talud, en caso de ocurrir un deslizamiento se verían afectadas edificaciones e infraestructura vial.



Gráfico 1 Movimiento de masas en el sector de Santa Ana.

(Fuente: Elaboración Propia)

Existen varias técnicas para evaluar la estabilidad en los taludes, estas van desde métodos empíricos, modelos matemáticos y más sofisticados con la ayuda de técnicas numéricas. Mediante softwares en donde se pueden generar modelos que se acerquen más a la situación real, los cuales necesitan el ingreso de parámetros geotécnicos, geológicos, geomecánicos, hidrológico-hidrogeológicos, topográficos (Ávila Pareja, 2017).

La estabilidad de taludes se determina por medio del factor de seguridad, que es el factor para el cual la resistencia al corte de un suelo debe ser reducida de tal forma que se encuentre en el borde del equilibrio con el esfuerzo cortante. Existen varios tipos de análisis para la determinación del factor de seguridad, entre los más usados se encuentra el método de equilibrio límite (LEM), y el método de Elementos Finitos (MEF), entre los más usados (Bojorque Iñiguez, 2010).

Las fuerzas inerciales en masa de suelos o rocas que son generadas por las aceleraciones sísmica, producen inestabilidad en los taludes provocando caída deslizamientos de grandes superficies de terreno y con esto caída de rocas (Rico Rodríguez & Castillo, 1981).

Una de las partes fundamentales en el diseño, evaluación y análisis de estabilidad de taludes son los parámetros de resistencia al corte, independientemente del criterio de falla a emplear (Duncan et al., 2014). Los parámetros de resistencia al corte de un suelo se los puede obtener mediante ensayos de campo o laboratorio. Existen diferentes métodos para determinarlos, los cuales varían de acuerdo a su propósito, siendo importante el criterio y experiencia del proyectista al momento de discernir los valores a escoger.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) considera el empleo de diferentes técnicas directas e indirectas para evaluar los parámetros de resistencia. Considerando que los diferentes ensayos se basan en diversos criterios, el análisis la determinación de estos parámetros por diferentes medios es de interés en los proyectos de estabilidad de taludes.

1.2 Descripción del problema

La estabilidad de taludes es un tema de interés para muchos gobiernos autónomos municipales. Este es el caso del talud a ser evaluado que constituye un grave problema que afecta gran parte a la de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana del cantón Cuenca,

afectando así a la parte social, económica y turística de la parroquia. Ante un eventual deslizamiento del talud este conllevaría a posibles consecuencias tales como:

- Pérdidas de vidas humanas
- Carencia de conexión vial entre la parroquia Santa Ana y el cantón Cuenca.
- Daños en infraestructura civil.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

El objetivo general del presente estudio es comparar y evaluar de parámetros de resistencia al corte mediante ensayos geotécnicos de campo y laboratorio para analizar la estabilidad de un talud de la parroquia Santa Ana del cantón Cuenca.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar ensayos de campo mediante el uso de ensayo de penetración estándar (SPT), veleta, geofísica, para determinar los parámetros de resistencia al corte del deslizamiento en la parroquia Santa Ana.
- Obtener mediante ensayos de laboratorio, tales como compresión no confinada, corte directo, triaxial no confinado no drenado (UU) los parámetros de resistencia al corte.
- Analizar los parámetros de resistencia al corte obtenidos en campo y laboratorio con la finalidad de seleccionar los valores más representativos del estado del suelo in situ.
- Mediante el uso de software computacionales de equilibrio límite, realizar el análisis de estabilidad del talud en condiciones estáticas y pseudoestáticas.

1.4 Información relacionada al área de estudio

1.4.1 Ubicación Geográfica y Límites

El sitio de estudio se encuentra ubicado al sur del Ecuador, provincia del Azuay, cantón Cuenca, parroquia Santa Ana. Esta parroquia cubre un área de 4731.94 Ha y tiene una población de 5,366 habitantes, datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) del año 2010.

Los límites de la parroquia están definidos de la siguiente manera:

Norte, con la parroquia Paccha
Sur, con la parroquia Quingeo
Este, con el Cantón Gualaceo y Sigsig
Oeste, la parroquia El Valle

En el Gráfico 2 se presenta la ubicación de la parroquia dentro del Ecuador.

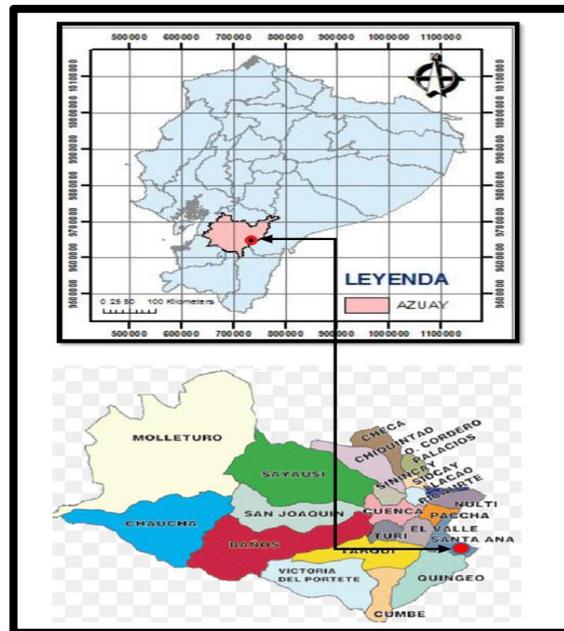


Gráfico 2 *Ubicación de la parroquia Santa Ana.*
(Fuente: Municipalidad de Cuenca - PDOT Rural 2010).

El acceso se puede realizar por la vía Cuenca – El Valle - Santa Ana – San Bartolomé en la abscisa 12+500 se llega a la parroquia Santa Ana en donde es el área de estudio. Las coordenadas que enmarcan el área de influencia del proyecto son 731046E, 9´674665N; 731302E, 9´674492N; 731401E, 9´674621N; 731125E, 9´674777N. En el Gráfico 3 se incluye la ubicación del deslizamiento en la parroquia Santa Ana.

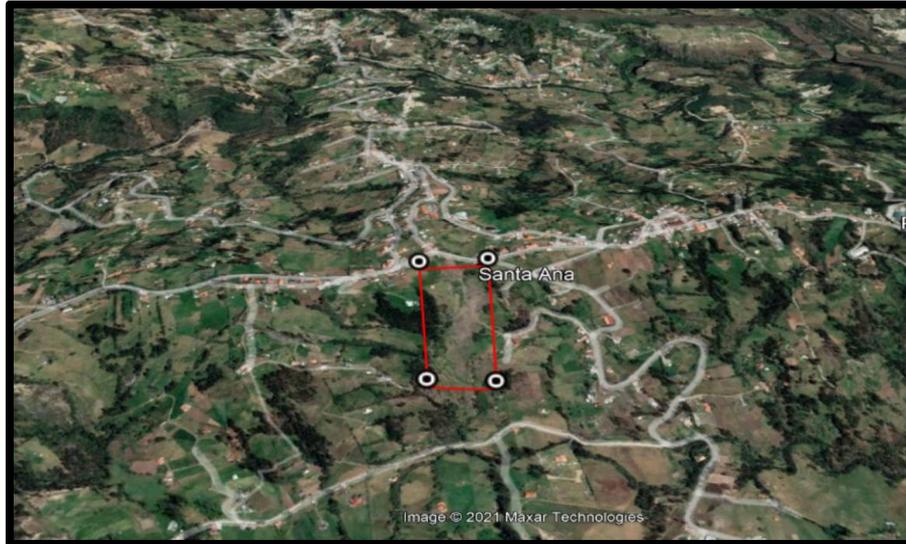


Gráfico 3 Ubicación del deslizamiento en la parroquia Santa Ana –Cuenca.

(Fuente: Municipalidad de Cuenca- Geo portal)

1.4.2 Geomorfología

La geomorfología explica y describe la transformación del paisaje terrestre a partir de los factores y procesos modeladores de la superficie, por lo que en la zona en donde se realiza el estudio este presentan laderas muy inclinadas con pendientes mayores 30° con geoformas cóncavas. Las geomorfologías dentro del sector se presentan en el Gráfico 4 y Gráfico 5.

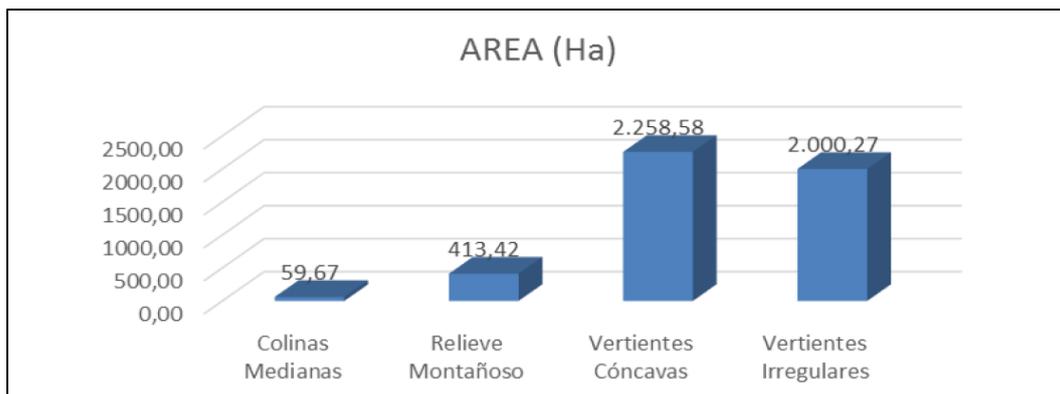


Gráfico 4 Representación de la geomorfología presente en el área de estudio.

(Fuente: I. Municipalidad de Cuenca - PDOT Rural 2010)

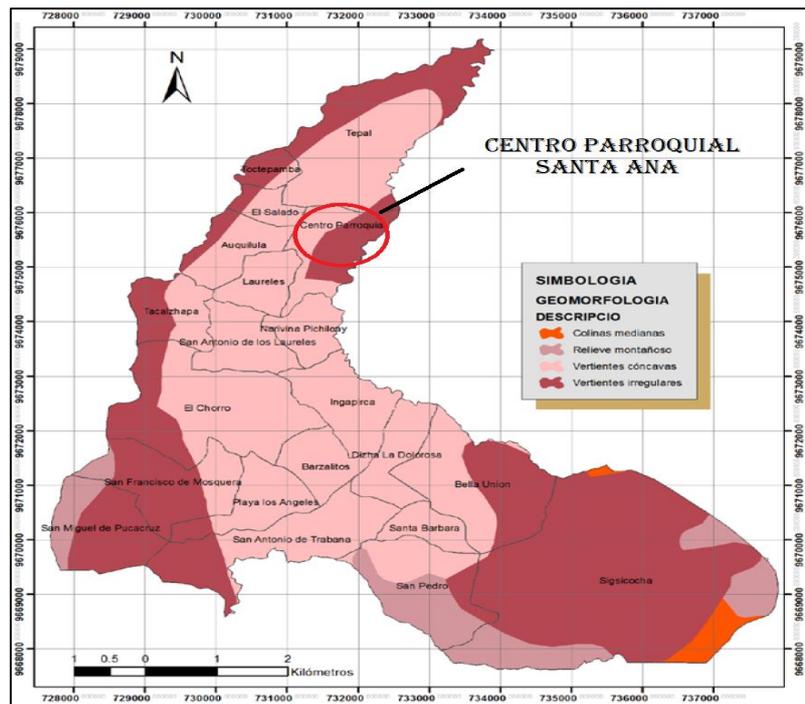


Gráfico 5 Geomorfología en la Parroquia Santa Ana.
 (Fuente: I. Municipalidad de Cuenca - PDOT Rural 2010)

El rango de medición de altura de la parroquia Santa Ana es de 2480 msnm a 3335 msnm. Las comunidades asentadas en la parte más baja de la parroquia son las comunidades ubicadas en la ribera del río. Las altitudes de estas comunidades se encuentran entre los 2500 m y los 2700 m.; el rango de altitud más representativo en el territorio de la parroquia corresponde a la altitud entre los 2700 y 3100 msnm. En el Gráfico 6 se presenta el Modelo Digital de Elevación en la Parroquia Santa Ana.

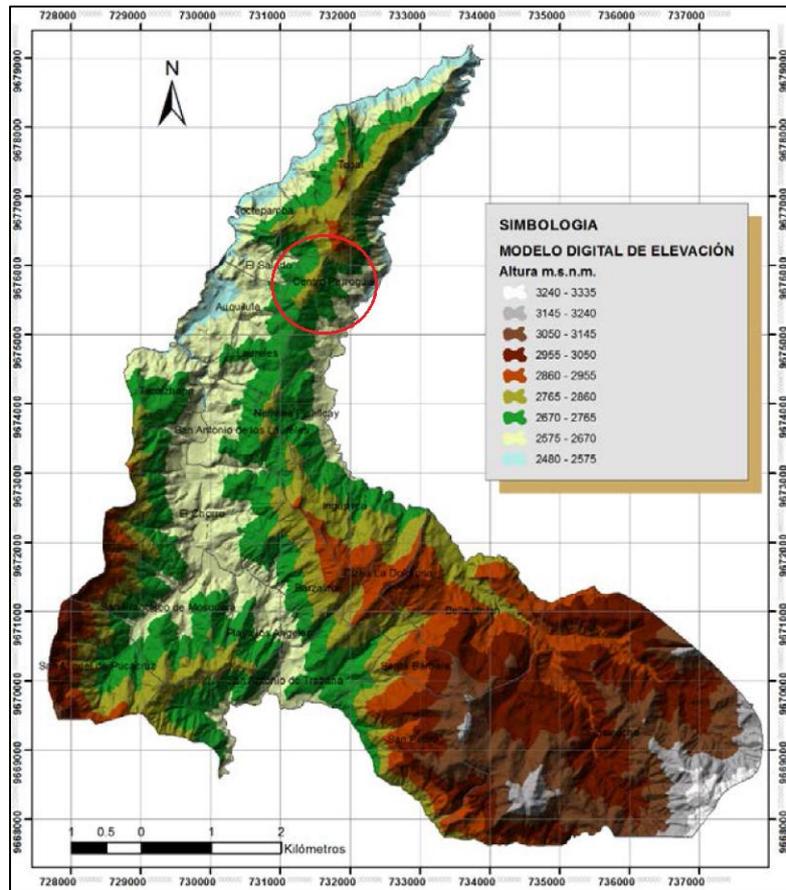


Gráfico 6 Modelo Digital de Elevación en la Parroquia Santa Ana.
(Fuente: SIC Tierras)

En el Gráfico 7 se puede observar que en la parroquia Santa Ana, la mayoría de las áreas presentan una pendiente moderadamente fuerte, con un rango de pendientes pequeño de menos del 8% en el 7.49% del área total, un rango de pendiente media entre el 8% y el 30% del 72.76% del área total y pendientes mayores al 30%, representando por el 19.75% del área total de las parroquias, ubicadas principalmente al norte de la parroquia. .

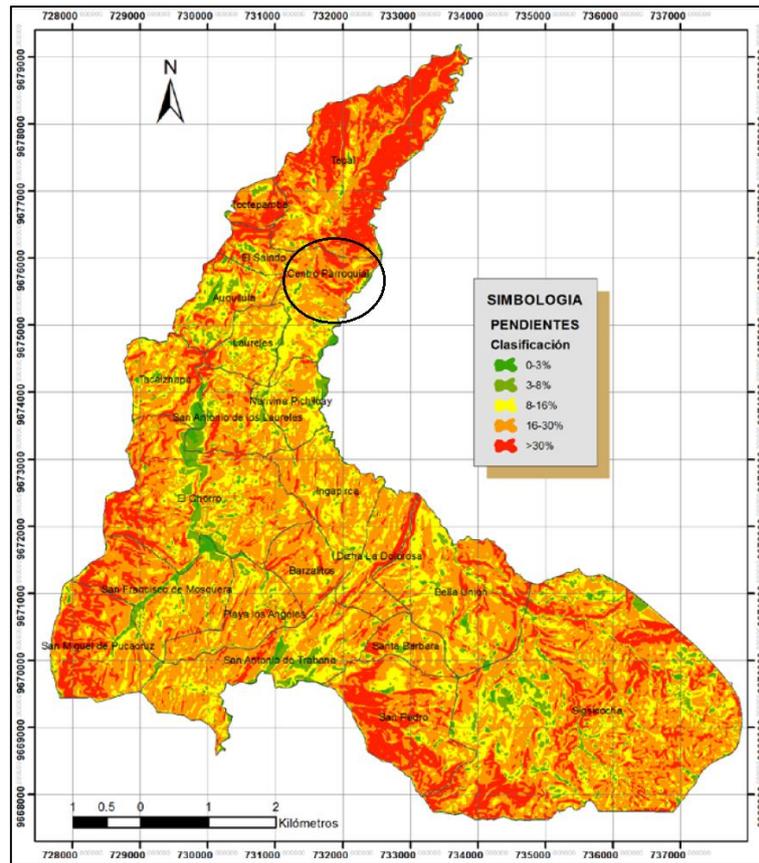


Gráfico 7 Pendientes en la Parroquia Santa Ana.

(Fuente: SIC Tierras)

1.4.3 Geología Regional

Al borde costero occidental de América del Sur entre Colombia y Perú se encuentra Ecuador, parte del cual se ubica en la zona de subducción activa de la corteza oceánica inferior del margen continental (subducción de la placa de Nazca a la placa de América del Sur) y otra área que ocupa la mayor parte del centro activo de proliferación oceánica (La Zona de Rift de Galápagos, ubicada entre la Placa del Cacao y la Placa de Nazca). En esta región se han producido cambios importantes, desde los "Andes Centrales" (Perú) con litosfera continental en la costa hasta los "Andes del Norte" (Ecuador) con corteza oceánica densa, aislada e inactiva debajo de la región costanera. La tectónica de placas es la causa del movimiento de la placa de Nazca. Con el desplazamiento de oeste a este, penetra bajo la corteza de la placa sudamericana, formando una zona de subducción, dando lugar a la aparición de la cordillera occidental hace 80 a 40 millones de años (Collot et al., 2009).

El continuo desarrollo del proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la placa sudamericana determina el comportamiento tectónico integral del territorio ecuatoriano a

lo largo de la confluencia de las placas oceánica y continental. La evidencia más obvia de este comportamiento estructural compresivo se encuentra en el frente subandino, fallas inversas y pliegues ubicados en los callejones entre los Andes.

Por tanto, Ecuador se ubica en la intersección de la placa de Nazca, la placa sudamericana y la placa Norandina, lo que hace que las principales características de la estructura tectónica se reflejen en las características geomorfológicas de nuestro país. Finalmente, se puede demostrar que las condiciones descritas anteriormente son propicias para la generación de movimiento dextrales a lo largo de fallas regionales en territorio ecuatoriano (Collot et al., 2009).

Diversas investigaciones sedimentológicas de la Politécnica de Zürich (Michael Steinmann et al., 1999), ha permitido la emisión de nuevos estándares para la cronoestratigrafía de los Andes en el sur de Ecuador, basados en la datación de trazas de fisión de circones de cenizas volcánicas sumergidas en depósitos sedimentarios, datos estructurales y fauna marino-salobre. Los autores de estas investigaciones indican que: Luego de un período de intensa actividad volcánica ignimbrítica, desde el Eoceno Tardío (Superior) hasta el Mioceno Inferior se desarrollaron en el Sur del Ecuador varias cuencas clásticas alimentadas desde fuentes metamórficas y volcánicas antiguas y contemporáneas.

En dos fases se desarrollaron las cuencas del Mioceno Mediano al Tardío, estas fases fueron:

- 1) En la fase 1 de la costa del pacífico (15-9.5 Ma) se formaron cuencas, en régimen de extensión con sentido E-W, en zona de antearco y sistemas deltaicos influenciados por grandes olas y mareas, que evolucionaron a lo largo de la costa pacífica.

- 2) Debido a que el proceso de compresión en la dirección E-W deformó la serie inicial de llenado de la cuenca, la fase 2 intermontaña comenzó a aparecer una inversión de la cuenca alrededor de 9.5 Ma. Finalmente, los estratos superiores y las deformaciones se rellenaron con coberturas compuestas principalmente por depósitos volcánicos principalmente eólicos (ca. 6-5 Ma). En el Gráfico 8 se presenta el mapa geológico general del sur del Ecuador, así como en el Gráfico 9 nos indica el mapa geológico del área de Cuenca

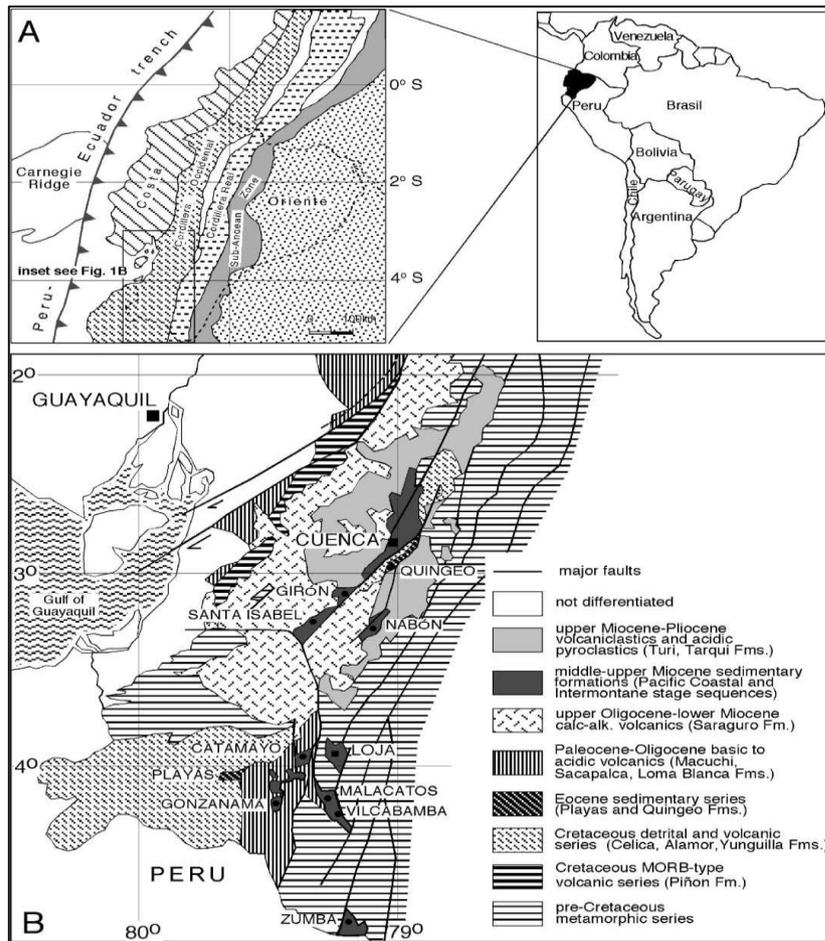


Gráfico 8 Mapa del Ecuador (A) División Morfotectónica del Ecuador (B) Mapa Geológica del sur del Ecuador con localizaciones series estratigráficas Miocénicas.

Fuente: (Hungerbühler et al., 2002)

Además, los autores realizaron un estudio estadístico sobre la longitud de la trayectoria, reconstruyó el proceso de tiempo / temperatura y mostró el proceso de levantamiento y exhumación de sedimentos costeros del Mioceno Medio desde 9 Ma hasta la altitud actual de 1000 a 3000 metros.

Para la zona de Cuenca, la superficie elevada se encuentra a una altitud de 2700 m, y desde entonces, el desnivel medio ha sido de 0.3 mm/año (Michael Steinmann et al., 1999).

1.4.4 Geología Local

Dentro de las cuencas terciarias de la zona austral del Ecuador está la cuenca de Cuenca con formaciones sedimentarias miocénicas. Esta cuenca aflora principalmente en el valle de Cuenca y en el valle del río Burgay, presenta una forma elongada N-NE (100x5 a 20

km), pudiendo apreciarse los principales rasgos tectónicos y estructurales en esta dirección.

Como podemos observar en el Gráfico 9, (M Steinmann et al., 1996) presenta una interpretación de la estratigrafía de la cuenca de Cuenca, basada en recientes dataciones por trazas de fisión (f-t) edades éstas que son consideradas, en el presente informe. Tomando en cuenta también publicaciones precedentes se puede indicar:

Las formaciones más antiguas de la cuenca de Cuenca (Fm. Biblián y Fm. Loyola del Mioceno Medio(f-t)) sobre yacen en discordancia a basamentos de: depósitos volcánicos intermedios-ácidos del Oligoceno Tardío al Mioceno Temprano (f-t) (Fm. Saraguro) en los sectores N y W-central de la cuenca; series de turbiditas del Cretácico Tardío (Fm. Yunguilla) en el E-central y SW y a los volcánicos Cretácicos (Fm. Celica y Fm. Piñón) al Oeste (Feininger & Bristow, 1980a), en el Gráfico 10 se observan las formaciones existentes en el área de estudio.

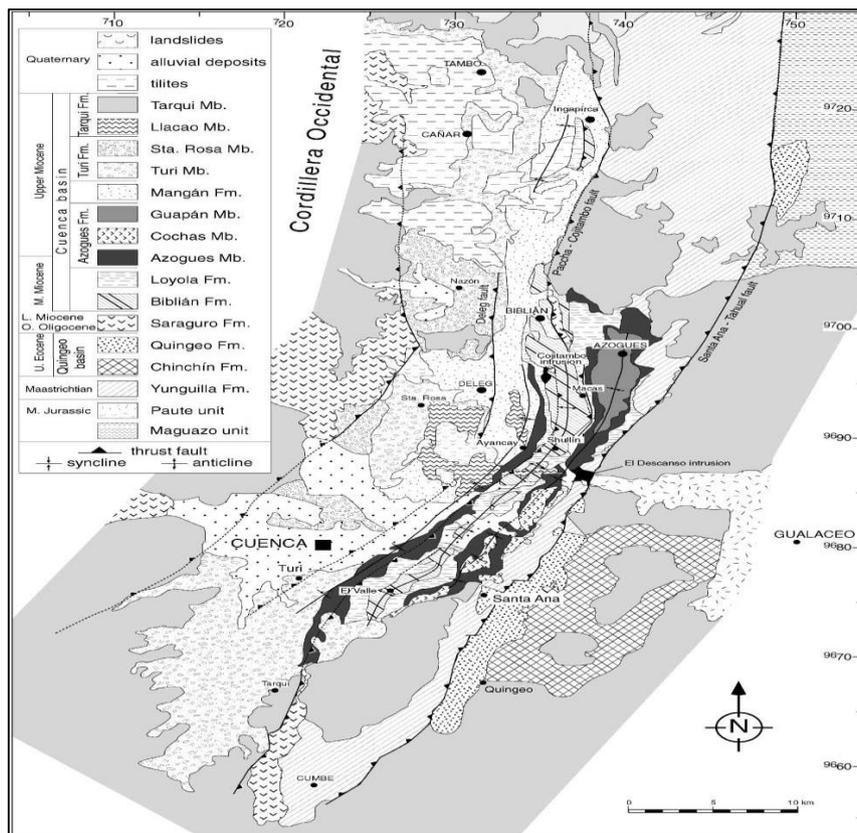


Gráfico 9 Mapa geológica del área de Cuenca entre Tambo y Cumbe.

(Fuente : (M Steinmann et al., 1996))

1.4.4.1 Formación Quingeo

La formación Quingeo está expuesta en dos zonas de tendencia NNE-SSW, una ubicada al este de Cuenca, al norte de Quingeo, y la otra ubicada aproximadamente a 20 kilómetros al este de Cañar.

Parte de la formación Quingeo pasa por Falla Santa Ana-Tahual (M Steinmann et al., 1996). Una nueva formación que lleva el nombre del pueblo de Quingeo, cuyo pueblo se encuentra en la carretera que bordea el río Quingeo (730000/9666800 a 728000/9668000).

El afloramiento de la Formación Quingeo tiene sedimentos de 1200 m de espesor, ubicados en un entorno fluvial remoto con grandes llanuras aluviales y una pequeña cantidad de conglomerado, que por supuesto son solo los restos de una cuenca más grande. La formación se superpone de manera disconforme en parte a la Yunguilla Fm. y a la espesa volcánica Chunchi Fm. Sin embargo, esto último solo puede estar implicado en afloramientos de mala calidad. La formación Quingeo muestra una serie de ciclos repetidos de clarificación ascendente, de 10 a 30 m de espesor, que contienen conglomerados de canales mal clasificados en la parte inferior y arenisca y limolita roja y violetas en la parte superior (Hungerbühler et al., 2002).

1.4.4.2 Formación Yunguilla

Principales afloramientos en la cuenca de Quingeo con cortes naturales o de vía y en la cuenca sedimentaria de cuenca extendida de N-NE lugar de la zona de estudio.

En términos de litología, comprende de una secuencia principal de lutitas fósiles de grano fino oscuro a negro y roca arcillosa oscuras densas, generalmente silicificada y bien estratificada; tiene una matriz local de roca arcillosa calcárea silicificada y caliza fina, rica de fauna en miniatura, así como lava y piroclásticos. En el área de Cumbe aparecen rocas arcillosas violetas intercaladas con grauwacas. (Feininger & Bristow, 1980b)

Su espesor es incierto, pero en el área de Cumbe (410/970), el espesor estimado es de 1200 m (Feininger & Bristow, 1980b), y otros autores han indicado que supera los 3000 m (Baldock, 1985) como se puede apreciar en la zona montañosa de Copa Sombrero (UTM 812 343, superficie Cuenca Este), la formación ha sufrido fuertes pliegues y fallas.

1.4.4.3 Formación Mangan (M M)

Desde el sur de Pacchamama aparece extensamente cubiertos de por la formación Llacao, pasando por Deleg hacia el norte, hasta Biblián en dirección noroeste.

Hay secuencias de limonita, lutita y arenisca de grano fino en su litología. La parte inferior es de color claro; lutitas relacionada con vetas de carbón se encuentra en la parte media; la parte superior tiene afloramientos gruesos de arenisca de tobacea de color marrón, volteados hacia arriba en conglomerado (Feininger & Bristow, 1980b).

El espesor de la formación Mangán en sí es de aproximadamente 2.200 m. (Feininger & Bristow, 1980b), mientras que el espesor de Fm. Turi y Mb. Santa Rosa es de 700 m. Fm. Mangán es la secuencia más importante y la primera de la serie más joven en la Cuenca Sedimentaria de Cuenca, lo cual es inconsistente con los sedimentos antiguos en la cuenca, como el caso del contacto con Fm. Azogues, que sufrió unas grandes deformaciones hace 9-8 Ma.

1.4.4.4 Formación Turi

Al NW de Pacchamama entre la formación Biblián y la formación Santa Rosa se encuentra la formación Turi. Afloramientos importantes en la vía a Turi y en los alrededores de la zona de Misicata.

Con una litología variables en su parte lateral esta está conformada por conglomerados de base, arenas, arcillas, tobas y brechas bien estratificadas.

Según (Feininger & Bristow, 1980b), se estima un espesor de 200m, siendo parte de la serie más joven de la cuenca sedimentaria de Cuenca, visualizando estratos casi horizontales sin grandes deformaciones.

1.4.4.5 Formación Tarqui (PT)

La formación Tarqui está constituida por una capa de sedimentos volcánicos ligeramente consolidados y alterados. Los piroclásticos dominan la secuencia, incluidos los aglomerados de riolita a andesita, toba, ceniza volcánica y toba de lava, la mayoría de los cuales han sido fuertemente caolinizados y / o silicificados. La lava dacítica a riolitas forma un adjunto a la secuencia de Tarqui; las capas sedimentarias secundarias no volcánicas aparecen muy esporádicamente. El espesor del estrato es de 1200 metros.

1.4.4.6 Formación Biblián

La formación Biblián está compuesta por rocas que varían de areniscas finas a gruesas y conglomerados, además de arcillitas finas a gruesas y conglomerados, los sedimentos que conforman la formación Biblián están conformados por cuarzo y líticos de rocas Metamórficas (Hungerbühler et al., 1995) y sobre rocas del grupo Saraguro. Su espesor mínimo es 1000 m según (Feininger & Bristow, 1980b), pero posteriormente (M Steinmann et al., 1996) estimo que el espesor de la formación Biblián no pasaba de los 300 m ya que anteriormente la formación Biblián y la Quingeo eran consideradas una sola.

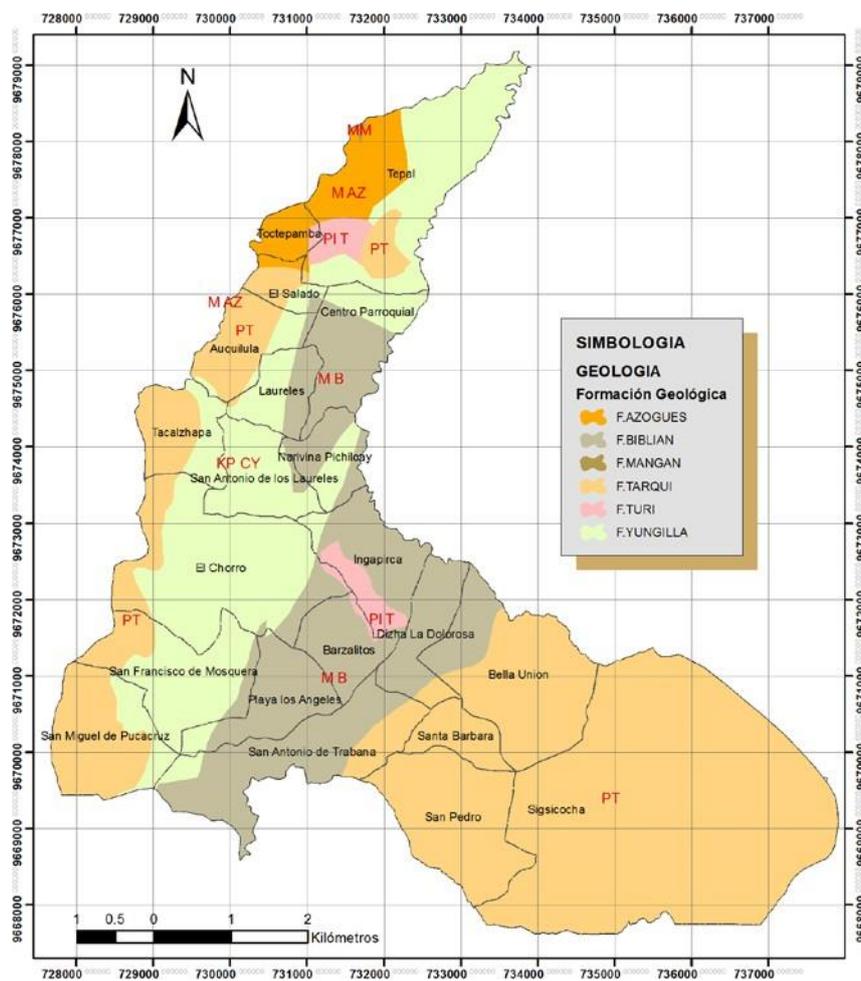


Gráfico 10 Formaciones existentes en la Parroquia Santa Ana.

(Fuente: Cartas Geológicas 1:100k, SENPLADES)

1.5 Hidrología

La parroquia de Santa Ana pertenece al 15.9 % del área total de la subcuenca del río Jadan, Existen tres mini-cuencas en la Parroquia Santa Ana: el río Gordeleg, el río Quingeo y las pequeñas acequias o drenajes menores, con una superficie total de 4.731,91 hectáreas.(ver Gráfico 11) Con un porcentaje del 0.73% del total del área de la cuenca del río Paute forman parte las tres microcuencas referidas anteriormente de la parroquia Santa Ana.

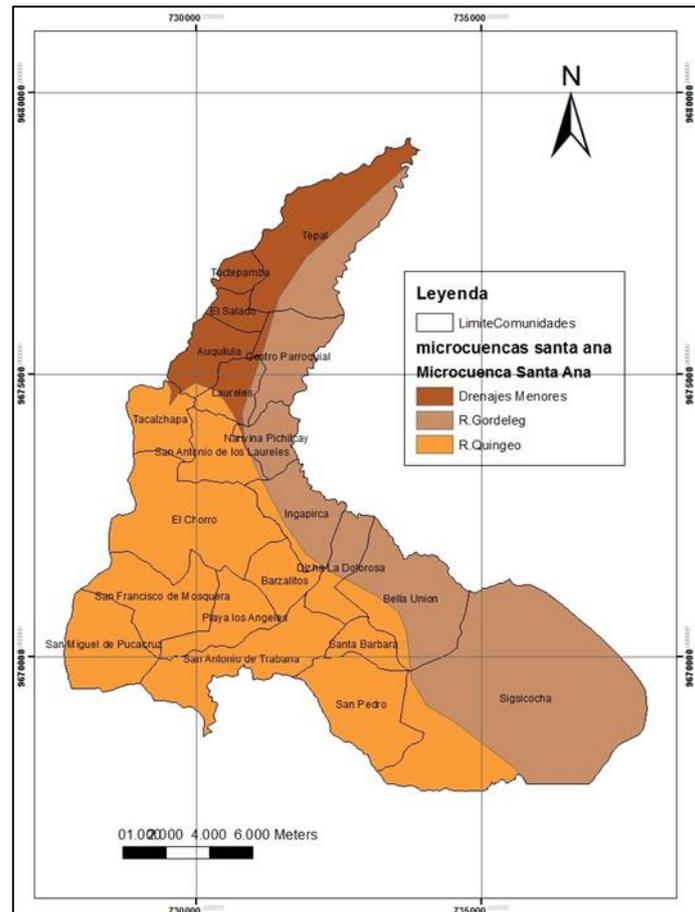


Gráfico 11 Microcuencas de la parroquia Santa Ana
(Fuente: GAD Municipal de Cuenca-SENAGUA Demarcación Hidrográfica Santiago)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En el presente proyecto se realizan ensayos geotécnicos de campo y laboratorio para la obtención de los parámetros de resistencia del suelo en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana del cantón Cuenca. El estudio se fundamenta en diferentes fuentes de información y de investigación. La elaboración de este estudio se dividió en cuatro etapas:

2.1 Primera etapa

Dentro de la recopilación de información disponible acerca del área de estudio se procedió a realizar una reunión con las máximas autoridades del Gad Parroquial Santa Ana en la que se recopiló la topografía inicial del terreno, por lo que se procedió a realizar el levantamiento mediante fotogrametría con dron Phantom 4 Pro, que permitió la elaboración del modelo digital del terreno como se observa en el Gráfico 12 (ortofoto) y Gráfico 13 (vista 3D).



Gráfico 12 Ortofoto del área del deslizamiento.

(Fuente: Elaboración propia)



Gráfico 13 Vista en 3D zona del deslizamiento.

(Fuente: Elaboración propia)

2.2 Segunda etapa

Se realizó una campaña de ensayos geotécnicos en campo en los que constaron las siguientes actividades: Perforación con recuperación de testigos; Ensayos SPT; Sísmica de refracción; Sondeos eléctricos verticales; Calicatas; y Ensayos con Veleta.

2.2.1 Perforación con recuperación de testigo

Con el apoyo de la Ilustre Municipalidad de Cuenca, a cargo del departamento de Obras Públicas se pudo realizar cuatro perforaciones cuya profundidad y ubicación se detalla en la Tabla 1 y Gráfico 14, respectivamente. Estas perforaciones, fueron realizadas mediante una máquina perforadora de roto percusión marca Fraste con martillo incorporado de SPT, con tubería de revestimiento HQ diámetro 86 mm y tubería de perforación NQ de 76 mm con barril doble pared con broca de tungsteno diámetro de 79 mm. Las muestras fueron recolectadas en cajas de cartonplast diámetro HQ debidamente identificadas, pudiendo recuperar dos muestras de tubo shelby de dimensiones 75 mm de diámetro y 60 cm de longitud y espesor 1.4 mm de pared, a la profundidad de 3.5 metros en el pozo P2 y a 5 m en el P1 para la realización del ensayo triaxial UU.

Lugar	Coordenadas		Profundidad (m)	COTA (m)
	X	Y		
PERFORACIÓN 1	731137	9674707	15	2730
PERFORACIÓN 2	731078	9674869	20	2736
PERFORACIÓN 3	731280	9674608	19	2701
PERFORACIÓN 4	731214	9674610	15	2720

Tabla 1 Coordenadas de ubicación de pozos de perforación.

(Fuente: Elaboración propia)

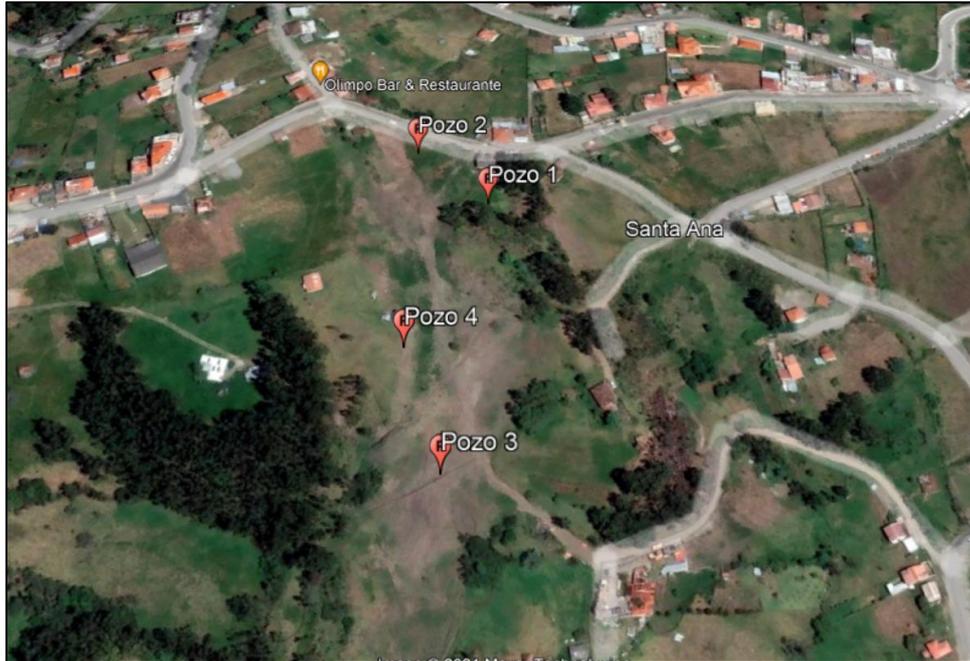


Gráfico 14 Ubicación satelital de pozos de perforación.
 (Fuente: @2021GoogleEarth)

2.2.2 Ensayos SPT

La máquina con la que realizaron las perforaciones tiene el martillo incorporado para realizar ensayos SPT el cual permitió realizar los ensayos en los pozos de perforación a cada metro de profundidad, estas muestras fueron recuperadas mediante un tubo partido diámetro de 2” y longitud 90 cm.

Además, de la perforación con recuperación de testigos se pudo recolectar muestras para la realización del ensayo de compresión simple, en la Tabla 2 se detalla las profundidades en que las muestras fueron recuperadas de cada uno de los pozos.

Lugar	Profundidad (m)
PERFORACIÓN 1	3,4 y 6.
PERFORACIÓN 2	9,13,15,17,18 y 20
PERFORACIÓN 3	1,4,5 y 10
PERFORACIÓN 4	4,6,7,8,11,12 y 14

Tabla 2 Profundidades de ensayos de compresión simple.
 Fuente: Elaboración Propia.

2.2.3 Sísmica de refracción

Con la colaboración de los equipos del departamento del CIPAT de la Escuela Politécnica del Litoral, se elaboraron cuatro líneas de sísmica de refracción con longitudes de LS1 = 72 m, LS2: 96 m, LS3: 96 m, LS4: 60 m, con el equipo Terraloc Pro 2 system, en donde todos los datos adquiridos fueron procesados por el personal técnico del CIPAT de la ESPOL. La ubicación de las líneas sísmicas se detalla en la Tabla 3 y Gráfico 15, respectivamente:

Lugar	Coordenadas derecha		Coordenadas centro		Coordenadas izquierda	
	X	Y	X	Y	X	Y
Corona del deslizamiento Línea Sísmica 1	731053	9674651	731080	9674680	731108	9674710
Dirección paralela al deslizamiento Línea Sísmica 2	731076	9674687	731128	9674672	731175	9674656
Dirección paralela al deslizamiento Línea Sísmica 3	731178	9674658	731225	9674639	731272	9674619
Parte intermedia del deslizamiento Línea Sísmica 4	731261	9674596	731280	9674619	731298	9674643

Tabla 3 Coordenadas de ubicación de líneas sísmicas.

(Fuente: Elaboración Propia)



Gráfico 15 Ubicación satelital de líneas sísmicas.

(Fuente: @2021GoogleEarth)

2.2.4 Sondeos eléctricos verticales

Los sondeos eléctricos verticales fueron elaborados con el equipo ABEM Terrameter SAS 1000, como se puede observar en la Tabla 4 y Gráfico 16 se realizaron cinco líneas en toda el área del deslizamiento en las siguientes ubicaciones:

Lugar	Coordenadas derecha		Coordenadas izquierda		Longitud de línea SEVs
	X	Y	X	Y	
Corona del deslizamiento SEV 1	731058	9674666	731092	9674698	63 metros
Dirección paralela al deslizamiento SEV 2	731075	9674683	731191	9674635	136 metros
Dirección paralela al deslizamiento SEV 3	731254	9674645	731155	9674701	93 metros
Parte intermedia del deslizamiento Línea Sísmica 4	731199	9674608	731258	9674686	93 metros
Parte Final del deslizamiento SEV4	731329	9674671	731271	9674590	93 metros

Tabla 4 Coordenadas de ubicación de líneas de sondeos eléctricos verticales.
(Fuente: Elaboración Propia)

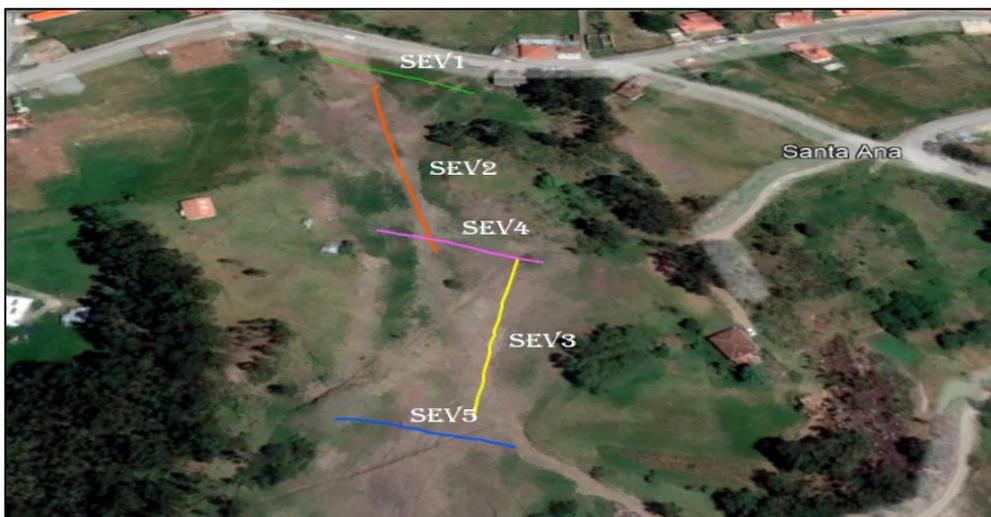


Gráfico 16 Ubicación satelital de los sondeos eléctricos verticales.
(Fuente: @2021GoogleEarth)

Los datos recolectados fueron procesados mediante el software IPI2Win de licencia gratuita.

2.2.5 Calicatas

Se realizaron tres calicatas con una profundidad de tres metros cada una de ellas (ver Tabla 5 y Gráfico 17), la excavación se la realizó con una retroexcavadora Caterpillar 320, donde se pudo recolectar muestras inalteradas para la realización de ensayos de corte directo y compresión simple. Las muestras fueron recolectadas en bloques de 50x50x50 cm envueltas en plástico de embalar con el objetivo de conservar las condiciones de campo como la humedad.

Lugar	Coordenadas	
	X	Y
CALICATA 1	731116	9674712
CALICATA 3	731108	9674645
CALICATA 2	731128	9674675

Tabla 5 Coordenadas de ubicación de calicatas.

(Fuente: Elaboración Propia)



Gráfico 17 Ubicación de calicatas en el área de estudio.

(Fuente: @2021GoogleEarth)

2.2.6 Ensayo de Veleta

Se realizaron tres ensayos de veleta a una profundidad de tres metros, el ensayo se lo realizó con una veleta de forma cónica normalizada, la cantidad de ensayos por cada calicata se lo realizó de la siguiente manera; en la Tabla 6 se puede observar que en la calicata 1 se realizaron dos ensayos, en la calicata 2 se realizaron 2 ensayos, y en la calicata 3 se realizaron 3 ensayos.

Lugar	Coordenadas		Profundidad (3m)	Cantidad de pruebas
	X	Y		
CALICATA 1	731116	9674712	3	2
CALICATA 3	731108	9674645	3	3
CALICATA 2	731128	9674675	3	2

Tabla 6 *Coordenadas de ubicación de ensayos de veleta.*
(Fuente: Elaboración Propia)

2.3 Tercera etapa

Después de realizar toda la campaña de ensayos de campo, se procedió a la ejecución de los ensayos de laboratorio con todas las muestras adquiridas tanto en perforaciones como en las calicatas.

Los ensayos que se llevaron a cabo fueron:

- Ensayo Triaxial. (Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils, 2015).
- Ensayo de corte directo.(Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions, 2011).
- Ensayo de compresión simple. (Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil 1, 2016).
- Humedad natural. (Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass, 2019).
- Límites de consistencia. (Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils, 2010).

- Granulometrías. (Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis, 2017).
- Clasificación de suelos. (Standard Practice for classification of Soils for Engineering purposes, 2017).

Las dos muestras recolectadas en el tubo Shelby durante la perforación y las muestras inalteradas recolectadas en las calicatas fueron trasladadas a un laboratorio en donde se ejecutó el ensayo triaxial no confinado no drenado UU y ensayo de corte directo.

Los demás ensayos fueron realizados en el laboratorio InGeoTec de propiedad del Ing. Alex Ordoñez.

2.4 Cuarta etapa

En esta etapa se desarrolló el procesamiento de todos los resultados obtenidos en los ensayos de campo y ensayos de laboratorio, con la finalidad de obtener la resistencia al corte no drenado en base a correlaciones de varios autores.

La resistencia al corte no drenado obtenido mediante la correlación de varios autores para ensayos SPT fue comparada con la resistencia al corte de los demás ensayos in situ, como de laboratorio, con la finalidad de obtener su variación a distintas profundidades.

Una vez obtenida la comparación de la resistencia al corte no drenado de todos los ensayos realizados, se escoge los valores conservadores que pertenecen a los estratos que se modelaran mediante el software GeoSlope con su herramienta Slope\W para el análisis de equilibrio límite.

Para el modelamiento mediante el software GeoSlope se utilizó la topografía realizada mediante dron que permite modelar sobre una superficie más cercana a la realidad. Una vez ingresado los parámetros de resistencia del suelo de cada uno del estrato se analizó la estabilidad del talud y su factor de seguridad con el método de equilibrio límite de Bishop, en condiciones de estabilidad estáticas y pseudoestáticas.

CAPÍTULO 3

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1 Caracterización del suelo

3.1.1 Contenido de humedad natural del suelo

Los ensayos de contenido de humedad tienen la finalidad de obtener la cantidad de agua en un suelo y será representada en porcentaje referido a la relación entre el peso del agua y el peso de las partículas sólidas del suelo (García Trejo & Ramírez López, 2006).

El contenido de agua según muchos autores es una de las propiedades de mayor relevancia que han sido utilizadas para obtener correlaciones entre el comportamiento que presenta un suelo y las propiedades índice.

La humedad natural del suelo es utilizada para expresar las diferentes relaciones de fase como son aire, agua y sólidos en un volumen determinado de material. En suelos finos, su consistencia depende de su humedad natural. El contenido de agua de un material juntamente con los límites líquido y plástico se utiliza para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez (Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass, 2019).

El procedimiento que se siguió es el descrito en la norma (Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass, 2019), donde la muestra es secada en un horno a una temperatura de 110 ± 5 °C, hasta que se alcance una masa constante. Lo que se pierde en masa producto al secado, es considerado como agua y la humedad se calcula mediante la masa de agua de la muestra con relación a la masa seca expresada en porcentaje.

3.1.2 Análisis granulométrico por tamizado

Dentro de la caracterización del suelo, es importante obtener la distribución o gradación cuantitativa del tamaño de las partículas y se lo hace en función de la masa total del material al que se realiza el análisis granulométrico.

A pesar de que el método de ensayo ha sido practicado durante varios años, existen grandes variaciones de este ensayo, esto a causa de los diferentes tipos y distintas condiciones de los suelos. El ensayo es más complejo de lo que se puede esperar (Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis, 2017)

Los resultados se presentan de manera tabulada de tal forma que la información permita realizar un análisis granulométrico por medio de un gráfico en el que en el eje de las ordenadas se encuentre el porcentaje que pasa de cada tamiz y en el eje de las abscisas a escala logarítmica las aberturas que posee cada tamiz empleado en el ensayo.

La granulometría es utilizada para obtener la clasificación del suelo ya sea por el sistema de la AASHTO o SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

También la distribución del tamaño de partículas sirve para determinar los coeficientes de uniformidad y curvatura.

De manera general, el análisis granulométrico es un indicador de las propiedades ingenieriles de un suelo como son la compresibilidad, conductividad hidráulica, resistencia al corte, aunque el comportamiento de los suelos depende de muchos otros factores como por ejemplo la presión efectiva, historia de esfuerzos, tipo de mineral, plasticidad, orígenes geológicos, entre otros y no puede basarse únicamente en la granulometría (Das, 2013).

El análisis granulométrico del tamaño de las partículas, se lo realizó según la norma (Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis, 2017) en la cual se puede representar en porcentaje que pasa o retiene cada tamiz.

Cuando se hace referencia a un tamiz, se trata de un recipiente de forma rectangular o circular el cual permite el paso de una masa de suelo a través de su fondo que está compuesto por una malla metálica que posee varios tamaños de abertura, cuyas dimensiones se encuentran normadas según estándares internacionales.

El ensayo se realiza obteniendo una muestra representativa mediante procedimientos vía húmeda, secándolo al aire libre o secada en su defecto al horno. Para las muestras que poseen partículas de suelo pequeñas la muestra completa se pasa por los diferentes tamices, sin embargo, la muestra obtenida puede estar compuesta de una alta variedad de tamaños de partícula y puede ser necesario en este caso la separación del material en dos y hasta tres rangos de tamaño para así obtener un tamizado más eficiente utilizando uno o dos tamices de separación. Cuando se realiza una sola separación, es decir se tiene dos porciones de la muestra, la parte más gruesa se tamiza de manera total, mientras que la porción más fina se divide en una subporción más pequeña para su tamizaje.

3.1.3 Límites de consistencia

Albert Atterberg originalmente realizó sus investigaciones en suelos cohesivos y estableció seis límites de consistencia de suelos finos: límite superior del flujo viscoso, límite líquido, límite pegajoso, límite de cohesión, límite plástico, límite de contracción. Actualmente, en ingeniería se hace referencia únicamente al límite líquido y límite plástico y en ciertas referencias también al límite de contracción (ver Gráfico 18).

Se entiende por límite líquido (LL), la humedad de un suelo en porcentaje en el límite que está definido de manera arbitraria entre los estados semilíquido y plástico.

El límite plástico (LP) de un suelo se define como la humedad o contenido de agua en porcentaje que se encuentra en el límite ubicado entre los estados plásticos y semisólido.

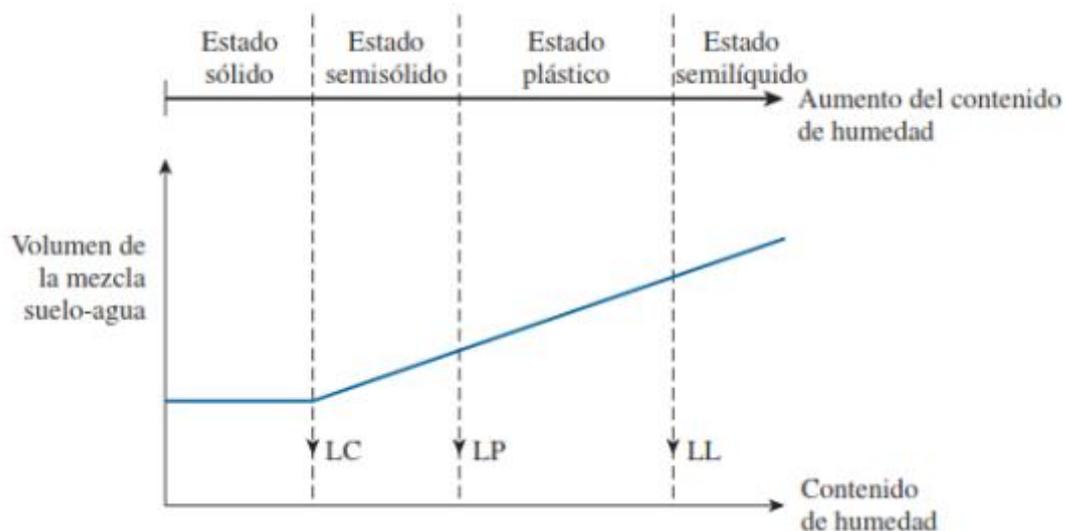


Gráfico 18 Definición de límites de Atterberg.

(Fuente : (Das, 2011))

Un suelo es considerado como plástico cuando posee un rango de contenido de agua y en el que se observa plasticidad y que además al secarse conservará su forma.

El contenido de agua o humedad en el que un suelo se comporta plásticamente se denomina índice de plasticidad (PI) y es igual a la diferencia entre límite líquido y límite plástico.

La consistencia por otro lado es la relativa facilidad en la que un suelo se deforma.

Los límites de consistencia son utilizados como una parte fundamental para varios sistemas de clasificación de ingeniería y caracteriza las fracciones de suelo fino. También se usan con otras propiedades del suelo correlacionando el posible comportamiento ingenieril como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, resistencia al corte, etc.

Los límites líquidos y plásticos juntamente con la humedad del suelo dan información sobre su consistencia relativa. Además, el índice de plasticidad sirve para determinar en un suelo su número de actividad.

Muchas veces, también se utilizan para una evaluación de las características de meteorización de lutitas de arcilla. Los límites líquidos de este tipo de materiales normalmente tienden a aumentar cuando estos son sometidos a ciclos repetidos de humectación y secado. Una medida de la susceptibilidad de una lutita sometida a la intemperie es la cantidad en que el límite líquido ha aumentado.

Contrariamente, en suelos que contienen cantidades importantes de material orgánico, su límite líquido suele disminuir considerablemente, el cual ocurre cuando se le seca al horno antes de realizar el ensayo, razón por la cual la comparación del límite líquido de una muestra antes del secado en horno y después del secado en horno puede ser utilizado como una forma cualitativa de determinar el contenido de materia orgánica de un suelo.

La norma utilizada en el ensayo es la (Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils, 2010).

3.1.4 Clasificación del suelo

Con fines de identificación del material es importante realizar un análisis de tal forma que se logre determinar y organizar el tipo de suelo requerido para los diferentes usos en ingeniería. Se han establecido varias metodologías y tipos de clasificación de los suelos en las diferentes organizaciones en las cuales se considera el tamaño de partículas y los límites de consistencia como se presenta en Gráfico 19.

Los diferentes grupos en los que se han dividido este sistema de clasificación han sido, realizados con la finalidad de correlacionar de una forma general el comportamiento ingenieril de los suelos y ayudar la evaluación de propiedades significativas. Siendo entonces esta clasificación un primer paso de alta utilidad en cualquier tipo de investigación ya sean de campo o laboratorio en el ámbito geotécnico

En este trabajo, se realizó la clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) bajo la normativa (Standard Practice for classification of Soils for Engineering purposes, 2017), en la cual se establece parámetros mediante los cuales define grupos para finalmente establecer el nombre del material.

Un resumen de los tipos de suelos definido en esta normativa se encuentra en el siguiente gráfico

IDENTIFICACION EN EL CAMPO				SÍMBOLO EN GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO	
SUELOS DE GRANO GRUESO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO POR EL TAMIZ # 200	GRANAS - MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA ES RETENIDA POR EL TAMIZ # 4	AMPLIA GAMA DE TAMAÑO Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS			GW	GRANAS FINES GRADUADAS, MEZCLA DE GRASA Y ARENA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 4 ; $C_c = \frac{D_{30} - D_{10}}{D_{60} - D_{30}}$ ENTRE 1 Y 2 NO SATISFACER TODOS LOS REQUISITOS GUBERNAMENTALES DE LAS GW LÍMITES DE ATTERBERG POR GRUPO DE LA LÍNEA "A" O I_p MENOR QUE 4 LÍMITES DE ATTERBERG POR GRUPO DE LA LÍNEA "A" O I_p MAYOR QUE 7 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 6 ; $C_c = \frac{D_{30} - D_{10}}{D_{60} - D_{30}}$ ENTRE 1 Y 2 NO SATISFACER TODOS LOS REQUISITOS GUBERNAMENTALES DE LAS SW LÍMITES DE ATTERBERG POR GRUPO DE LA LÍNEA "A" O I_p MENOR QUE 4 LÍMITES DE ATTERBERG POR GRUPO DE LA LÍNEA "A" O I_p MAYOR QUE 7
		PREFUNDIDAD DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALABRÓN TAMAÑO INTERMEDIOS			GP	GRANAS FINES GRADUADAS, MEZCLAS DE ARENA Y GRASA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	
	GRANAS CON POCOS FINOS (PREFERENCIA DE FINOS)	FRACCION FINA NO PLASTICA (PARA LA IDENTIFICACION VER EL GRUPO PL MAS ABajo)			GM	GRANAS (LIMOS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRASA, ARENA Y LIMO)	
		FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICARLOS VER EL GRUPO CL MAS ABajo)			GC	GRANAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRASA, ARENA Y ARCILLA	
SUELOS DE GRANO FINO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA POR EL TAMIZ # 200	LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	AMPLIA GAMA DE TAMAÑO Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS			SW	ARENAS FINES GRADUADAS, ARENAS CON GRASA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	LÍMITES DE ATTERBERG POR GRUPO DE LA LÍNEA "A", CON I_p ENTRE 4 Y 7 ; CASOS LÍMITES QUE REQUEREN EL USO DE SÍMBOLOS DOBLES $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 6 ; $C_c = \frac{D_{30} - D_{10}}{D_{60} - D_{30}}$ ENTRE 1 Y 2 NO SATISFACER TODOS LOS REQUISITOS GUBERNAMENTALES DE LAS SW LÍMITES DE ATTERBERG POR GRUPO DE LA LÍNEA "A" O I_p MENOR QUE 4 LÍMITES DE ATTERBERG POR GRUPO DE LA LÍNEA "A" O I_p MAYOR QUE 7
		PREFUNDIDAD DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALABRÓN TAMAÑO INTERMEDIOS			SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRASA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	
	FINOS NO PLASTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO PL MAS ABajo)			SM	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO MAL GRADUADAS		
	FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO CL MAS ABajo)			SC	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE ARENAS O ARCILLAS		
MÉTODOS DE IDENTIFICACION PARA LA FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 40							
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (EN LA DISAGREGACION)	DELATANCIA (REACCION A LA ADSORCION)	TENACIDAD (TENACIDAD CERCA DEL LIMITE PLASTICO)			LINEA A: $I_p = 0.73(WL - 20)$ GRÁFICO DE PLASTICIDAD PARA LA CLASIFICACION EN LABORATORIO DE SUELOS DE GRANO FINO
		ML	ML	ML	ML	ML	
	CL	CL	CL	CL	CL		
	OL	OL	OL	OL	OL		
LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50	ML	ML	ML	ML	ML		
	CL	CL	CL	CL	CL		
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	FACILMENTE IDENTIFICABLES POR SU COLOR, OLOR, SENSACION ESPONJOSA Y FRACILMENTE POR SU TEXTURA FISICA			PT	TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS		

Gráfico 19 Clasificación SUCS.
(Fuente : (Anónimo, 2011))

3.2 Ensayos de campo

3.2.1 Ensayo de penetración estándar (SPT)

3.2.1.1 Generalidades y procedimiento

Desde 1958, el método se ha estandarizado y en las cuales se ha hecho varias revisiones. Probablemente por su facilidad de ejecución, el método de SPT (Standard Penetration Test) es el más usado y conocido en la exploración geotécnica. Por lo tanto, sobre él existe muy abundante literatura (González, 2017).

El SPT es una de las pruebas más sencillas, económicas y utilizadas en geotécnica en el mundo. se utiliza para estimar las propiedades estáticas y dinámicas de suelos granulares, como el ángulo de fricción interna (ϕ'), la densidad relativa ($D_r\%$), la capacidad de carga y asentamientos, la velocidad de onda de corte del suelo frente (V_s), el potencial de licuefacción, la resistencia al corte no drenado (S_u) entre otros parámetros (Nassaji & Kalantari, 2011).

Esté método consiste en hincar un muestreador de 60 cm de largo y 50 mm de diámetro

exterior denominado cuchara partida que está unido a una varilla del tipo AW. El hincado se lo realiza a través de un martillo de 140 lb al cual se le deja caer libremente desde una altura de 76 cm. (ver Gráfico 20 y Gráfico 21).

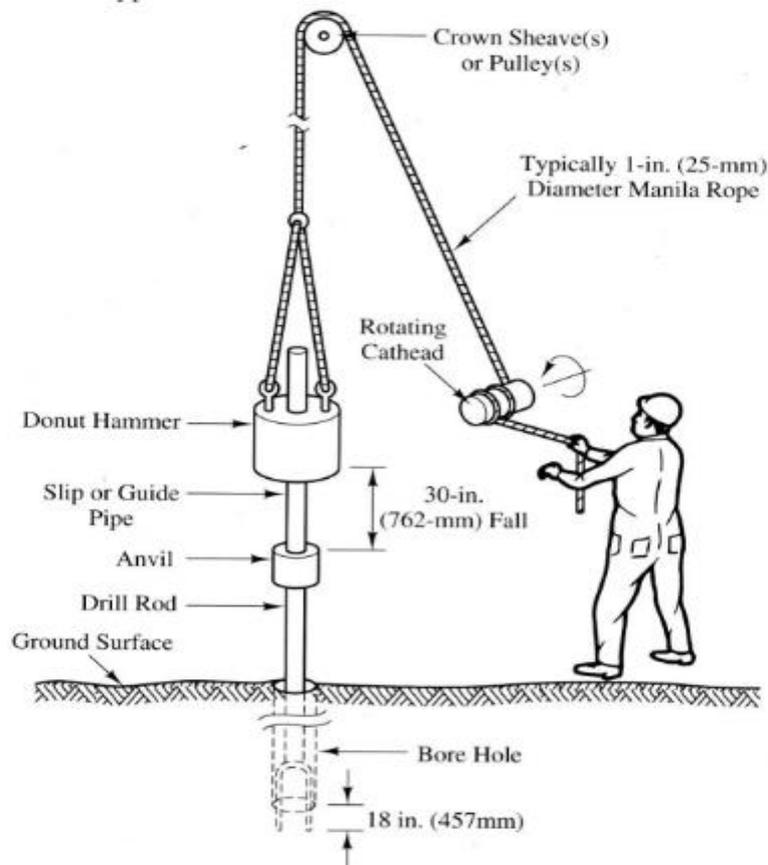


Gráfico 20 Demostración del ensayo de penetración estándar con martillo tipo “donut”.

Fuente: (Rahman, 2019)

El ensayo sirve para medir el número de golpes NSPT que representa la resistencia a la penetración mediante la cual se puede estimar las propiedades de resistencia y deformación de los suelos no cohesivos, pero también pueden obtenerse datos válidos en otros tipos de suelo (NP - ENV 1997-3, 2002).

Se cuenta el número de golpes que se necesita para hincar 15 cm en tres intervalos dando un total de 45 cm. El número de golpes necesarios para hincar el muestreador durante la profundidad de 15 a 45 cm se le denomina NSPT (Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils, 2008) el cual es ajustado a una energía del 60% para obtener el valor estandarizado N_{60} .

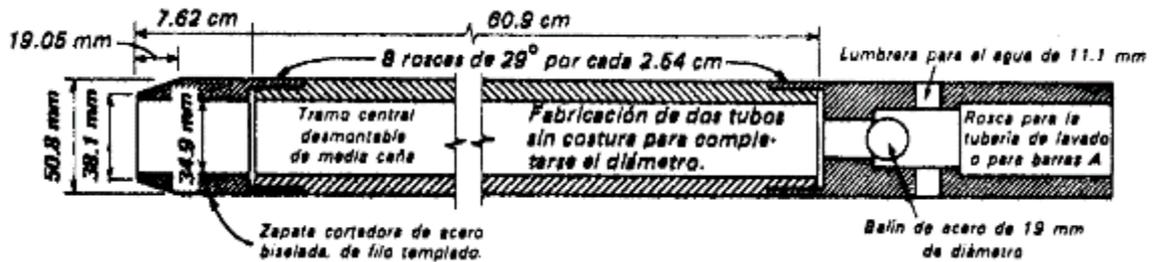


Gráfico 21 Cuchara partida o muestreador.

Fuente: (González, 2017).

A pesar de estar estandarizado el método, el ensayo dispone de muchas variables, así como también fuentes, en especial a lo que tiene que ver con la energía con la que llega el muestreador o cuchara partida. Dentro de estas variables sobresalen las siguientes (Bowles, 1997).

- 1) Diferentes fabricantes que producen los equipos.
- 2) Como se presenta en el Gráfico 22, el martillo de hincado posee diferentes configuraciones (a) El antiguo que consiste en una pesa con varilla de guía interna, (b) el martillo tipo anular o (“donut”), (c) el martillo de seguridad. y (d) martillo automático.

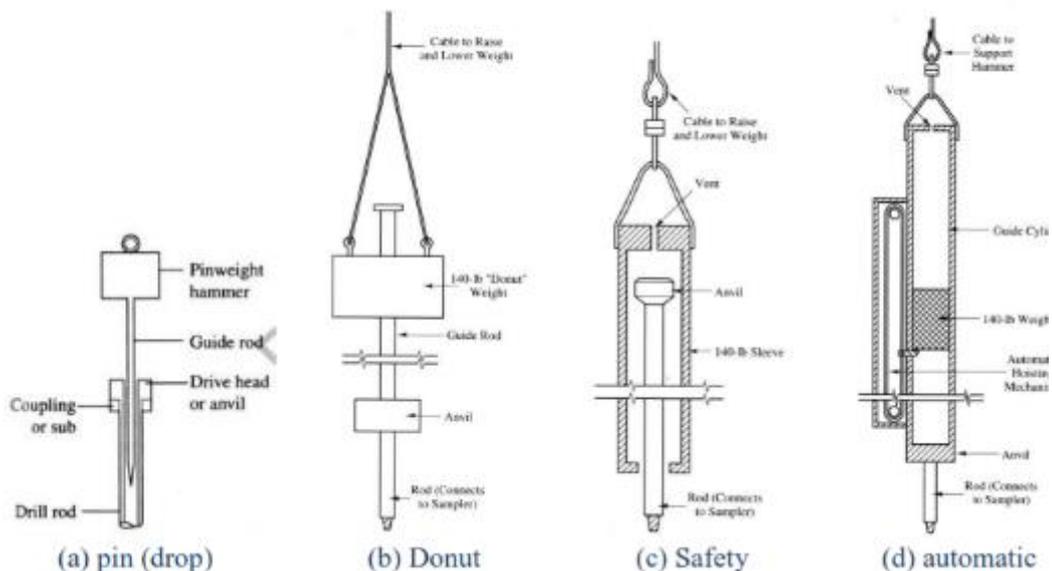


Gráfico 22 Tipos de pesas o martillos.

Fuente : (Coduto et al., 2001)

- 3) La manera del control de caída de la pesa o martillo: (a) Si se controla la caída de forma manual; (b) si la caída se controla con la manila en la polea que posee el equipo y depende de: la condición que tiene la polea, la condición de la manila y su diámetro, del número de vueltas que se da en la manila en la polea y (c) finalmente, depende de la altura de

caída real que posee la pesa.

- 4) Si posee o no revestimiento interno el cual no se usa normalmente.
- 5) La distancia que existe entre el revestimiento interno al sitio donde se realiza el ensayo.
- 6) La longitud que hay desde la varilla AW hasta el sitio del golpe y el muestreador.
- 7) Diámetro de perforación.
- 8) El esfuerzo efectivo de confinamiento en la profundidad del ensayo.

Para todas las variantes presentadas, hay factores de corrección de la energía teórica que se toma como referencia (E_r) y el valor de campo NSPT se debe corregir.

3.2.1.2 Método de perforación

La normativa (Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils, 2008) indica cuatro métodos de perforación antes de realizar el ensayo, es decir, el tipo de avance en profundidad, puesto que el muestreador se usa únicamente para muestrear los 45 cm.

La norma brasileña (ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA, 2001) prohíbe el avance continuo con la cuchara partida.

Se suele usar barrenos helicoidales para avanzar como se muestra en el Gráfico 23, aunque sirve únicamente hasta encontrar nivel freático.



Gráfico 23 Barreno helicoidal para avance en profundidad.

Fuente: imágenes de Google

Cuando existe nivel freático se usa un encamisado o lavado. En el lavado se suele usar bentonita o polímeros, para este caso de estudio no se fue necesario el uso de bentonita

ni polímeros ya que utilizo tubería de revestimiento en todas las perforaciones.

3.2.1.3 Criterios para interrumpir ensayo

La norma Brasileña (ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA, 2001), indica que el ensayo se puede interrumpir cuando suceda una de las siguientes condiciones:

- En cualquiera de los 3 segmentos de 15 cm, en número de golpes sobrepase 30
- Un total de 50 golpes se han aplicado para los 3 segmentos
- No se observa ningún avance del muestreador durante la aplicación de 5 golpes sucesivos.

La normativa internacional (Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils, 2008), indica de igual forma que la interrupción del ensayo se hará cuando:

- Se ha llegado a 50 golpes en cualquiera de los 3 segmentos de 15 cm.
- Un total de 100 golpes se han aplicado en para los 3 segmentos.
- No se observa ningún avance del muestreador durante la aplicación de 10 golpes sucesivos.

En el presente trabajo, se ha considerado la normativa ASTM como criterio para interrupción del ensayo.

3.2.1.4 Factores de variación en la medición de NSPT

En un mismo sitio de estudio, a la misma profundidad del ensayo, el número de golpes obtenido en campo NSPT puede variar debido a varios factores por procedimiento de campo, por el tipo de suelo, nivel freático y dilatancia.

Para el presente estudio, se utilizó el diagrama de flujo propuesto por (Rahman, 2019) con el objetivo de determinar el valor del número de golpes NSPT estandarizado y corregido por los diferentes factores que los afecta.

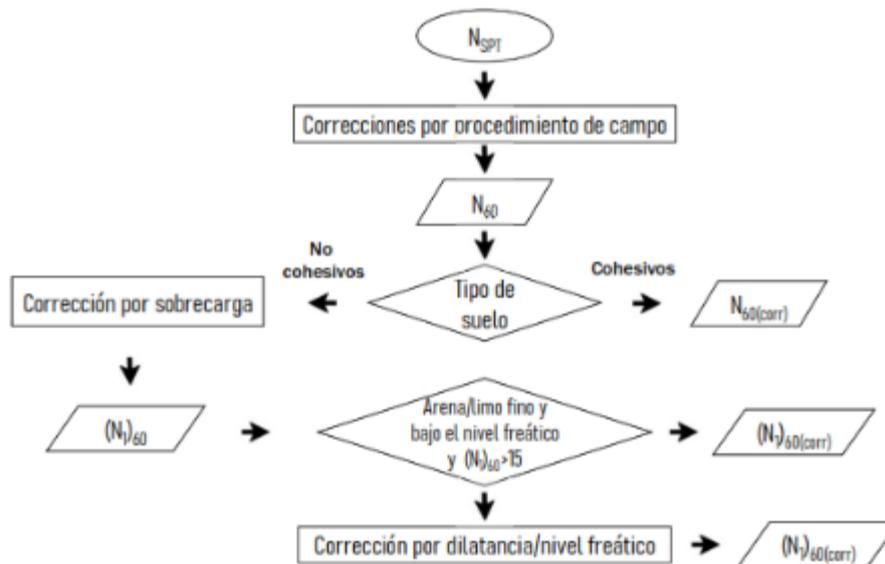


Gráfico 24 Diagrama de flujo para las diferentes correcciones del valor de NSPT.
Fuente (Rahman, 2019)

3.2.1.5 Correcciones por procedimiento de campo

Existen varios autores y normativas para las correcciones de procedimiento en campo, sin embargo, se considera las que a criterio de los autores del presente trabajo y según la bibliografía y normativa investigada son los de mayor aceptación y con mejores resultados se han obtenido (ver Gráfico 24).

3.2.1.5.1 Eficiencia del martillo al golpear (EH)

Este es la corrección más sensible e importante, existen libros y muchas publicaciones realizadas referentes a esta corrección específica. Para este estudio se ha considerado lo propuesto por (Clayton, 1990) detallado en la Tabla 7.

Eficiencias del Martillo SPT (Clayton 1990)		
Tipo de Martillo	Dispositivo de Lanzamiento	Eficiencia EH
Dona	Cabrestante	0.45
Vástago de pesa	Manual	0.72
Automático	Movimiento controlado del martillo	0.6
Dona	Disparo tipo Tombi	0.78-0.85
Dona	Con dos vueltas en el cabrestante y lanzamiento especial	0.65-0.67
Seguridad	Con dos vueltas en el cabrestante	0.55-0.60
Dona	Con dos vueltas en el cabrestante	0.45

Tabla 7 Eficiencia del Martillo SPT.
Fuente (Clayton, 1990)

El martillo utilizado por el equipo fue automático, por lo tanto, la eficiencia del EH corresponde a 0.6, es decir de un 60% con relación a la energía desarrollada en caída libre teórica (4200 lb-in).

3.2.1.5.2 Diámetro de la perforación (CB)

Para los diámetros de perforación normalmente utilizados (2½” a 4”), la corrección no presenta relevancia, aunque si el diámetro de perforación aumenta hasta las 8” (ver Tabla 8) donde la presión de confinamiento lateral en el fondo de la perforación empieza a perder su influencia sobre la resistencia a la penetración sobre todo en arenas en donde el valor de N depende significativamente de este confinamiento (López Menardi, 2003). Particularmente, para el equipo y diámetro de varilla utilizado en campo para las perforaciones, se tiene un CB=1.

3.2.1.5.2 Método de muestreo (CS)

Donde se realiza mediante el método estándar y sin camisa, los factores de corrección se encuentran en la Tabla 8, en donde se utilizó en el muestreador estándar en esta ocasión correspondiéndole un valor de CS = 1.

3.2.1.5.4 Longitud del varillaje (CR)

Al aumentar el peso del cuerpo introducido con la profundidad debido al varillaje adicional, es necesario realizar esta corrección.

La relación Masa Percutiente/Masa Percutida va disminuyendo conforme disminuye la profundidad del ensayo, lo que implica un aumento del número de golpes NSPT en caso de que el suelo sea completamente homogéneo. Por lo tanto, la relación de masas es una fuente de error poco influyente (Devincenzi & Frank, 1995).

Las correcciones por longitud de varillaje, se encuentra en la Tabla siguiente.

Factor	Variable del equipo	Corrección
Diámetro perforación, CB	65 - 115 mm	1
	150 mm	1.05
	200 mm	1.15
Método de muestreo, CS	Muestreador Estándar	1
	Muestreador sin revestimiento	1.2
Longitud de Varilla, CR	3-4 m	0.75
	4-6 m	0.85

6-10 m	0.95
> 10 m	1

Tabla 8 Factores de correcciones por diámetro de perforación, método de muestreo y longitud de varilla.

Fuente (Robertson, 2006)

Las correcciones de la Tabla 8, correspondiente a diámetro de perforación y método de muestreo se mantendrán constante en cada una de las perforaciones, no así con la corrección por longitud de varillaje que dependerá exclusivamente de la profundidad a la que se realice el ensayo.

A continuación, se muestra la ecuación para obtener el valor estandarizado N_{60} corregido por procedimiento de campo (Rahman, 2019):

$$N_{60} = \frac{E_H \cdot C_B \cdot C_S \cdot C_R}{0.60}$$

3.2.1.6 Corrección por sobrecarga en suelos granulares

En suelos no cohesivos, la resistencia a la penetración suele verse afectada por el esfuerzo vertical efectivo, pues aumentará conforme este aumente. En suelos granulares no cementados, normalmente consolidados y con una densidad relativa constante, la resistencia a la penetración (NSPT) aumenta de forma no lineal con el incremento del esfuerzo vertical efectivo (Robertson, 2006).

(Gibbs & Holtz, 1957) sugirió por primera vez que se realicen correcciones para los valores de campo de NSPT con la profundidad debido al esfuerzo vertical efectivo. Debido a que el factor de corrección por sobrecarga se consideró únicamente después de 1957, los datos empíricos antes de esta fecha como por ejemplo los de Terzaghi eran valores no corregidos de SPT. Fue entonces, desde 1957 donde varios investigadores han sugerido la corrección por sobrecarga

Inicialmente, Gibbs & Holtz tomaron como esfuerzo estándar 280 kN/m² que corresponde a una profundidad de 14 m y luego hicieron correcciones para otros valores de sobrecarga. Thornburn en cambio sugirió una presión estándar de 138 kN/m² correspondiente a una profundidad de 7 m. Finalmente, (R. B. Peck et al., 1974) como presión estándar 100 kN / m² que es el equivalente a 1 tsf o 1 kg / cm² o 1 atmósfera de sobrecarga correspondiente a una profundidad de 5 m. (Rahman, 2019).

Desde entonces, es recomendable que el valor de N_{60} se normalice a su valor equivalente a una presión vertical efectiva de 100 kN/m² mediante un factor de corrección CN de forma que:

$$(N_1)_{60} = C_N \cdot N_{60}$$

Existen varios valores utilizados para estimar CN, sin embargo, la más común ha sido la propuesta por (Liao & Whitman, 1986) donde:

$$C_N = \frac{p_a}{\sigma'_{vo}{}^{0.5}}$$

El factor de corrección, CN normalmente se ha establecido como mínimo 0.5 y un valor máximo de 1.7. para la elaboración de este estudio se tomó el valor máximo de CN: 1.7 (Robertson, 2006).

3.2.1.6 Corrección por dilatación y nivel freático

Esta corrección se aplica luego de realizar la corrección por sobrecarga en el caso de existir nivel freático y para suelos arenosos finos o limosos debido a la tendencia de estos materiales a dilatarse durante el corte en condiciones no drenadas. En arenas de grano grueso y/o con gravas, el efecto de la saturación no afecta en los resultados.

Según investigaciones, los valores altos de la resistencia a la penetración se observan cuando el valor de $(N_1)_{60}$ a 15. La corrección debe reflejar entonces un debilitamiento de la resistencia al corte debido al efecto que generan el exceso de las presiones intersticiales al momento del hincado reduciendo el número de golpes (Devincenzi & Frank, 1995).

Entonces, para los casos de arenas finas o limosas con valores de $(N_1)_{60}$ mayor a 15, (Terzaghi & Peck, 1948) propone la siguiente corrección:

$$(N_1)_{60(CORR)} = 15 + \frac{1}{2}[(N_1)_{60} - 15]$$

3.2.1.8 Correlaciones entre el ensayo de SPT y diferentes parámetros del suelo

La obtención de parámetros geotécnicos generalmente se ve restringida únicamente para arenas limpias donde la resistencia a la penetración está bajo condiciones de drenaje, esto debido a la naturaleza dinámica del ensayo, sin embargo, se han venido desarrollando correlaciones para una gama amplia de suelos.

Existen numerosas correlaciones de carácter empírico entre el valor de NSPT y parámetros geotécnicos que se han investigado por medio de un número de documentos de diferentes autores para distintos suelos y rocas débiles.

Las correlaciones existentes tienen su variación en confiabilidad y aplicabilidad para estimar parámetros geotécnicos tal cual se indica en la Tabla 9.

Tipo de suelo	Dr	Ψ	Ko	OCR	St	Su	φ	E, G	M	Go	k	Cv
Arena	3-4	4		5			3-4	4-5		4-5		
Arcilla		5	5	4	5	3-4	5	4-5	5	4-5	5	5

Tabla 9 Aplicabilidad del SPT para estimar parámetros geotécnicos del suelo.

Fuente : (Robertson, 2006)

1= Alto; 2= Alto a moderado; 3= Moderado; 4= Moderado a bajo; 5= Bajo; En blanco= no aplicable.
 Dr= Densidad Relativa; Ψ = Parámetro de estado; Ko= coeficiente de presión de tierra en reposo; OCR= grado de consolidación; St= Sensitividad; Su= resistencia al corte no drenado; φ = ángulo de fricción; E, G= Módulo de Young; G= Módulo de corte; M (o mv) = compresibilidad; Go= Módulo de corte para bajos esfuerzos; k= permeabilidad; Cv= coeficiente de consolidación.

3.2.1.9 Densidad relativa, compacidad en arenas

Terzaghi y Peck, realizaron una clasificación de las arenas que luego fue modificado por (Skempton, 1986) en base al valor de N1(60) con el objetivo de considerar la normalización. Esta clasificación se muestra en la Tabla 10:

N1(60)	Dr %	Compacidad
0 - 3	0 - 15	Muy suelta
3 - 8	15 - 35	Suelta
8 - 25	35 - 65	Medianamente Densa
25 - 42	65 - 85	Densa
42 - 58	85 - 100	Muy densa

Tabla 10 Clasificación en arenas de Terzaghi y Peck (1948) y modificada por (Skempton, 1986).

Fuente : (Skempton, 1986).

Según (Skempton, 1986), la densidad relativa en arenas se pueden estimar mediante:

$$Dr \% = 100 \sqrt{\frac{(N_1)_{60}}{60}}$$

3.2.1.10 Consistencia en suelos finos

Existen correlaciones también entre el número de golpes N60 y la consistencia en suelos arcillosos o finos como se puede observar en la Tabla 11

N60	Identificación manual	Consistencia
0 - 2	Se deshace entre los dedos	Muy blanda
2 -4	Moldeable bajo presiones débiles	Blanda
4 - 8	Moldeable bajo presiones fuertes	Media
8 - 15	Se marca con el pulgar	Rígida
15 - 30	Se marca con la uña del pulgar	Muy rígida
>30	Se marca difícilmente	Dura

Tabla 11 *Consistencia de suelos finos y/o arcillosos*

Fuente (R.E. Hunt, 1984)

3.2.1.10.1 Peso específico

Existen de igual forma varias correlaciones en base al ensayo SPT para estimar el peso unitario de los suelos, sin embargo, en este trabajo se ha tomado como valores referenciales para suelos arenosos al propuesto por (Budhu, 2010) detallado en la Tabla 12 y en el caso de suelos arcillosos o cohesivos lo sugerido por (R.E. Hunt, 1984) detallado en la Tabla 13.

N ₁₍₆₀₎	Peso específico húmedo γ (kN/m ³)
0 - 3	11-13
3 -8	14 - 16
8 – 25	17 - 19
25 - 42	20 - 21
42 - 58	> 21

Tabla 12 *Peso específico húmedo en suelos arenosos.*

Fuente (Budhu, 2010)

N60	Peso específico saturado γ_{SAT} (kN/m ³)
0 - 2	Se deshace entre los dedos
2 -4	Moldeable bajo presiones débiles
4 - 8	Moldeable bajo presiones fuertes
8 - 15	Se marca con el pulgar
15 - 30	Se marca con la uña del pulgar
>30	Se marca difícilmente

Tabla 13 *Consistencia de suelos finos y/o arcillosos.*

Fuente (R.E. Hunt, 1984)

3.2.1.11 Correlaciones del ensayo SPT con los parámetros de resistencia al corte

3.2.1.11.1 Ángulo de fricción interno

Determinar el ángulo de fricción del suelo en términos de esfuerzos efectivos con base a ensayos in situ suele ser una labor compleja, esto es debido a la existencia de tasas de deformación altas en los ensayos, pues son ensayos muy invasivos que perturban las vecindades del suelo y también las muestras que se recuperan en el sitio. De igual forma, las correlaciones existentes en la bibliografía actual para obtener este parámetro a través de ensayos en campo han sido investigadas para tipos de suelos de otras latitudes por lo que al utilizarlos muestran grandes dispersiones al momento de comparar con los resultados considerados reales obtenidos en el laboratorio (Carmona-Álvarez & Ruge-Cárdenas, 2015).

A continuación, se muestra algunas de las correlaciones más utilizadas por varios autores:

Según (Bowles, 1997)

$$\phi' = 27 + 0.30 N_{172}$$

(Terzaghi & Peck, 1948) propone que:

$$\phi' = 28.5 + 0.25 N_{145}$$

(Peck et al., 1953)

$$\phi' = 26.25 \left[2 - \left(e^{-\frac{N_{145}}{62}} \right) \right]$$

(Kishida, 1969)

$$\phi' = 15 + \sqrt{20 N_{172}}$$

(SCHMERTMANN & H., 1975)

$$\phi' = \tan^{-1} \left[\left(\frac{N_{160}}{32.5} \right)^{0.34} \right]$$

(Japan Society of Civil Engineers, 2000)

$$\phi' = 15 + \sqrt{15 N_{172}}$$

(Hatanaka & Uchida, 1996)

$$\phi' = 20 + \sqrt{20 N_{172}}$$

(Montenegro, 2014)

$$\phi' = 12.79 + \sqrt{25.86 N_{172}}$$

3.2.1.11.2 Resistencia al corte no drenado

Debido a la falta de disponibilidad de equipos, las limitaciones financieras y de tiempo, en muchos casos, se pueden requerir varios algunos tipos de relaciones basadas en valores extraídos de las pruebas de campo para estimar los parámetros geotécnicos. Uno de estos parámetros es la resistencia al corte sin drenaje conocida como S_u o C_u . (Nassaji & Kalantari, 2011).

La resistencia al corte no drenado S_u puede estimarse con pruebas de campo, como penetrómetro de bolsillo, prueba de penetración de cono (CPT), prueba de penetración estándar (SPT) y prueba de veleta (VST).

Si bien es cierto, el SPT se investigó originalmente para suelos granulares, también se ha utilizado en suelos de grano fino para estimar propiedades geotécnicas tales como resistencia a la compresión no drenada (q_u), resistencia al corte no drenado (S_u) y compresibilidad volumétrica (m_v). Aunque, su aplicabilidad suelos finos sigue siendo controvertida (Sivrikaya, 2009).

La resistencia al corte no drenado S_u se determina mediante ensayos de laboratorio como son el de compresión no confinada (UCS) y triaxial no confinada no drenada (UU). La UCS se usa para estimar la resistencia a la compresión no confinada (q_u) y con la muestra saturada, S_u se puede obtener de la ecuación propuesta por (Hara et al., 1974) :

$$S_u = 0.5 q_u$$

En este trabajo se ha incluido correlaciones en la cuales se ha considerado la resistencia a la penetración, así como también la plasticidad del suelo, las correlaciones utilizadas y sus autores se muestran a continuación, (Budhu, 2010), establece la Tabla 14 para determinar la resistencia al corte no drenado en arcillas saturadas.

N (60)	Descripción	Su (kPa)
0 -2	Muy blanda	<10
3 - 5	Blanda	10 - 25
6 - 9	Medianamente blanda	25 - 50
10 - 15	Rígida	50 -100
15 -30	Muy rígida	100 - 200
>30	Extremadamente rígida	>200

Tabla 14 Correlación entre N60 y Su para suelos de grano fino saturados.

Fuente (Budhu, 2010)

(Terzaghi & Peck, 1948) para suelos de grano fino propone:

$$Su (kPa) = 6.25 N$$

(Sowers G.F, 1979) dependiendo la plasticidad recomienda las siguientes relaciones

para suelos altamente plásticos

$$Su (kPa) = 6.25 N$$

Para arcillas medianamente plásticas

$$Su (kPa) = 7.5 N$$

Para suelos de baja plasticidad

$$Su (kPa) = 3.75 N$$

Con las mismas consideraciones (Sirvikaya & Togrol, 2002), recomienda:

Suelos altamente plásticos

$$Su (kPa) = 6.82 N_{60}$$

Suelos de baja plasticidad

$$Su (kPa) = 4.93 N_{60}$$

Suelos granulares finos

$$Su (kPa) = 6.18 N_{60}$$

(Stroud, 1974) estima el valor a la resistencia no drenada a partir de los valores del índice de plasticidad (PI)

$$PI < 20$$

$$Su (kPa) = (6 - 7)N$$

20<PI<30

$$Su (kPa) = (4 - 5)N$$

PI>30

$$Su (kPa) = 4,2 N$$

Por otro lado, (Sivrikaya, 2009), involucra a más de la plasticidad relaciones donde interviene la humedad natural del suelo w_n y correlaciona con los ensayos de laboratorio de compresión no confinada (UCS) y el ensayo de compresión triaxial no confinado no drenado (UU).

UU

$$Su (kPa) = 4.43 N_{60} - 1.29w_n + 1.06 LL + 1.02PI$$

UCS

$$Su (kPa) = 3.42 N_{60} - 0.53w_n - 0.43 LL + 2.14 PI$$

(Salgado, 2008) propone en base a la presión atmosférica Pa

$$\frac{Su}{Pa} = 0.82f_1N_{60}$$

Donde f_1 , se obtiene a partir del Gráfico 25.

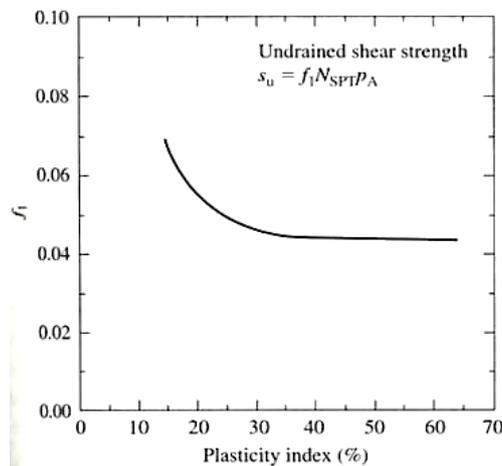


Gráfico 25 Coeficiente f_1 .

Fuente (Salgado, 2008)

3.2.2 Ensayos de sísmica de refracción

La sísmica de refracción es un método de exploración indirecto, que incluye la generación de campos sísmicos artificiales mediante una fuente sísmica como la detonación de explosivos o como es en este caso de estudio mediante golpes de martillo, con la finalidad

de obtener una señal eléctrica creada por la vibración del suelo llegando a los receptores o geófonos colocados en una superficie de terreno llamada línea base o línea sísmica y siendo registrada y procesada por el sismógrafo (ASTM D5777-00, 2011).

Este método geofísico es utilizado para determinar las fronteras sísmicas existentes entre los estratos, fronteras que pueden variar en su geometría pudiendo ser de forma horizontal sub-horizontal, sinusoidales o inclinadas, estas fronteras son determinadas por las propiedades físicas de los materiales tales como la litología, textura, estructura, estado de saturación, grado de alteración, etc. (Devincenzi & Frank, 1995).

Este método es utilizado en el campo geológico, hidrológico, geotécnico, ambiental, minero, y petrolero.

La sísmica de refracción permite conocer las velocidades sísmicas de los estratos del subsuelo, una vez conocida las velocidades se pueden estimar las profundidades de cada estrato sobre el cual se va a fundar, la profundidad del ensayo está directamente relacionada con el tendido de línea base o línea sísmica, mientras más tendido de línea sísmica se tenga se puede realizar un ensayo más profundo en el subsuelo.

3.2.2.1 Procedimiento

El método de sísmica de refracción se basa en dos principios, en la diferencia de velocidades de la onda sísmica en los estratos, y en que las ondas al cruzar la línea de interacción entre dos estratos estas ondas sufren refracción, es decir que, las ondas cambian de dirección en un ángulo cuyo valor depende de la relación entre las velocidades de onda en cada uno de los estratos.

Cuando se emite el impulso generador o fuente sísmica, en el presente caso el golpe del martillo como se muestra en el Gráfico 26, las ondas se emiten en todas las direcciones. La onda que recorre el camino más corto hacia el geófono se la conoce como onda directa, mientras que las demás ondas descienden con diferentes ángulos con respecto a la horizontal, estas al encontrar un estrato inferior con diferente velocidad sísmica se refracta en el línea de interacción o plano de contacto de los estratos, estas ondas son conocidas como ondas refractadas.

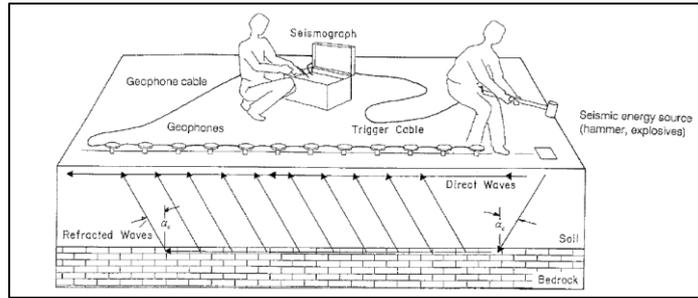


Gráfico 26 Dirección de ondas directas y ondas refractadas.

Fuente : (ASTM D5777-00, 2011)

Si en el estrato inferior se tiene una velocidad sísmica mayor que las del estrato superficial, la onda sísmica refractadas puede llegar al mismo tiempo o antes que la onda superficial u onda directa a un determinado punto de la superficie.

El tiempo que necesita una onda refractada alcance un punto de la superficie al mismo tiempo que las ondas superficiales se lo denomina tiempo crítico, este tiempo crítico es menor al tiempo que requiere las ondas directas que viajan superficialmente incluso cuando la longitud del camino que recorre sea mayor (ASTM D5777-00, 2011).

Para saber la velocidad de transmisión de la onda sísmica de un estrato inferior se debe registrar los tiempos de llegada y las distancias entre geófonos, el registro de estos tiempos conocidos también como tiempos interceptados, se trata de las primeras llegadas de las ondas sísmicas producidas en una refracción total, esta refracción total se debe a que la velocidad del estrato inferior debe ser mayor que la velocidad del estrato superior como se observa en el Gráfico 27.

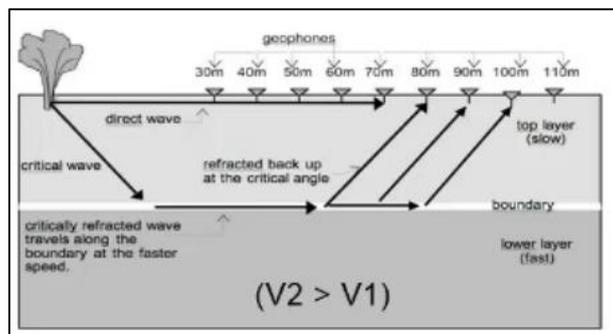


Gráfico 27 Distancia crítica / Diferencia de velocidades de estrato.

Fuente: (Estrada, 2008)

Distancia crítica: es la distancia en la que intersectan las ondas refractadas a las ondas directas.

Para interpretar la sísmica de refracción se utilizan dos métodos, por tiempos de intersección o por distancia de quiebre, ambos métodos se basan en el mismo principio que es la lectura de la domocrona.

Domocrona: Como se observa en el Gráfico 28 la domocrona es la curva de espacio-tiempo que representa en la abscisa la distancia entre el punto de explosión a los geófonos y en las ordenadas el tiempo de arribo de las primeras ondas.

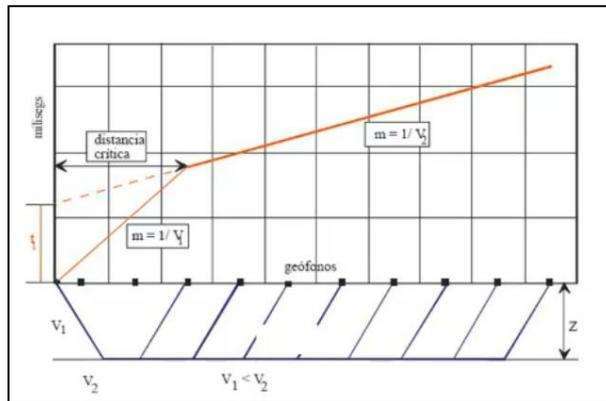


Gráfico 28 Domocrona/ cálculo de velocidades con pendientes inversas de rectas.

Fuente: (Estrada, 2008)

En el caso más simple de dos estratos o único plano refractor, se van a generar dos rectas una que pasa por el origen que corresponde a las ondas directas y otra para las ondas refractada, el punto de intersección de ambas es denominado el punto crítico en donde las ondas directas llegan igual que las ondas refractadas.

En la domocrona la inversa de las pendientes de las rectas graficadas indica la velocidad de las ondas sísmicas correspondientes a cada capa (ASTM D5777-00, 2011).

3.2.2.2 Cálculo de la profundidad de estratos

Como se había mencionado, la sísmica de refracción se la puede interpretar por dos métodos, por tiempos de intersección o por distancia de quiebre (distancia de crossover).

- Cálculo de profundidad en función del tiempo de intersección y velocidades sísmicas:

$$z = \frac{t_i}{2} \frac{V_2 V_1}{\sqrt{(V_2)^2 - (V_1)^2}}$$

Donde :

z = Profundidad de refracción (m).

t_i = Tiempo de intersección (s).

V_2 = Velocidad sísmica del estrato dos (m/s).

V_1 = Velocidad sísmica del estrato uno (m/s).

- Cálculo de profundidad en función de la distancia de intersección y velocidades sísmicas:

$$z = \frac{x_c}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

Donde:

z = Profundidad de refracción (m).

x_c = Distancia de intersección (m).

V_2 = Velocidad sísmica del estrato dos (m/s).

V_1 = Velocidad sísmica del estrato uno (m/s).

3.2.2.3 Problemas de zonas ciegas

Los niveles ocultos o denominados zonas ciegas se dan por problemas geológicos particulares, pero hay cuatro casos típicos (Kearey et al., 2002):

1.- Inmersión de la velocidad: se produce cuando la velocidad sísmica del estrato dos V_2 es menor que la velocidad sísmica del estrato uno V_1 por lo tanto no se produce refracción.

$$V_2 < V_1$$

2.- Velocidad sin contraste: se produce cuando la velocidad sísmica del estrato dos V_2 es igual que la velocidad sísmica del estrato uno V_1 por lo tanto no se produce refracción

$$V_2 = V_1$$

3.- Espesor de estrato: se produce cuando el estrato de la velocidad sísmica V_2 es muy delgado en relación a la longitud de onda incidente, por esa razón pasa inadvertido.

4.- Distancia entre geófonos: se produce cuando la distancia entre geófonos es muy grande en el tendido de la línea sísmica provocando que los estratos poco potentes queden inadvertidos.

3.2.2.4 Correcciones por elevación

Debido a las diferencias de altura existente entre el lugar donde se produce la onda sísmica y la colocación de los geófonos, se debe realizar una corrección en el tiempo de arribo de las ondas (ver Gráfico 29).

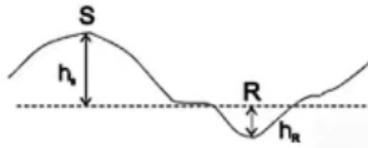


Gráfico 29 Corrección por diferencia de alturas en geófonos y golpe de martillo.

Fuente: (Estrada, 2008)

$$\Delta t = \frac{h_s}{v_1} - \frac{h_r}{v_1}$$

3.2.3 Sondeos eléctricos verticales

Uno de los métodos de prospección geofísica son los denominados SEV (Sondeos eléctricos verticales), consiste en un método de prospección indirecta, que se ha empleado por mucho tiempo en la geotecnia, hidrología, investigación minera y en la parte ambiental, el objetivo de este método es realizar estudios eléctricos de resistividad del subsuelo realizando diversas medidas desde la superficie (Kalenov, 1987).

El SEV es un método eléctrico que ocupa corriente continua midiendo la diferencia de potencial (ΔU) en un cierto punto, esta medición se la realiza a través de cables que se encuentran conectados a la superficie del terreno (electrodos). Mediante estos electrodos se difunde y se registra la corriente eléctrica en el subsuelo.

3.2.3.1 Concepto de resistividad eléctrica

La unidad de resistividad es el ohmio-metro ($\Omega \cdot m$), esta determina el comportamiento del material cuando se le induce corriente con la finalidad de saber si es o no un buen conductor (Kalenov, 1987).

En el Gráfico 30 se observa distintos valores de resistividad eléctrica para diversos tipos de materiales como son en este caso de estudio las rocas o minerales.

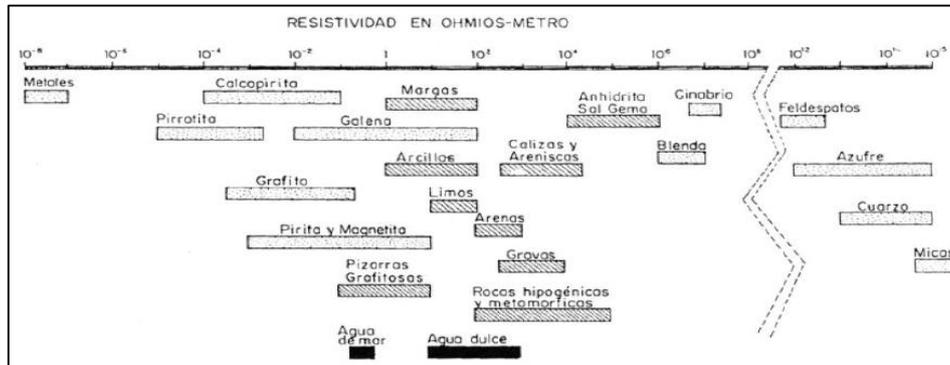


Gráfico 30 Valores de resistividad eléctrica de diferentes rocas y minerales
Fuente (Orellana, 1982).

La resistividad medida por ohmio-metro, es la propiedad inversa a la conductividad ($\sigma = \frac{1}{\rho}$), expresada en $\mu S/cm$.

$$\rho = 1/\sigma (\text{Ohm} \times m = \frac{m}{\text{siemens}})$$

Donde:

$$\rho = \text{resistividad}$$

$$\sigma = \text{conductividad}$$

3.2.3.2 Flujo de corriente

Para el análisis de flujo de corriente se asume que el terreno tiene una resistividad uniforme que es la distribución más sencilla, con la finalidad de comprender el comportamiento del flujo de corriente en el subsuelo y su distribución potencial. Cuando se inyecta corriente en los electrodos A y B, ambos electrodos separados por una distancia, la incidencia de las líneas de corriente influye en todo el terreno en todas sus direcciones, pero la línea que traza entre los electrodos A y B contiene la mayor densidad de líneas de corriente formando un bulbo por debajo de la parte superficial del terreno (Kalenov, 1987). Aumentando la distancia entre los electrodos de corriente y los de potencial, la profundidad del flujo de corriente aumentará, pero su densidad disminuirá, relacionándose directamente la profundidad del subsuelo en investigación con la separación de los electrodos A y B como se indica en Gráfico 31.

A-B = Eléctrodos de corriente

M-N = Eléctrodos de medida

O = Punto de atribución

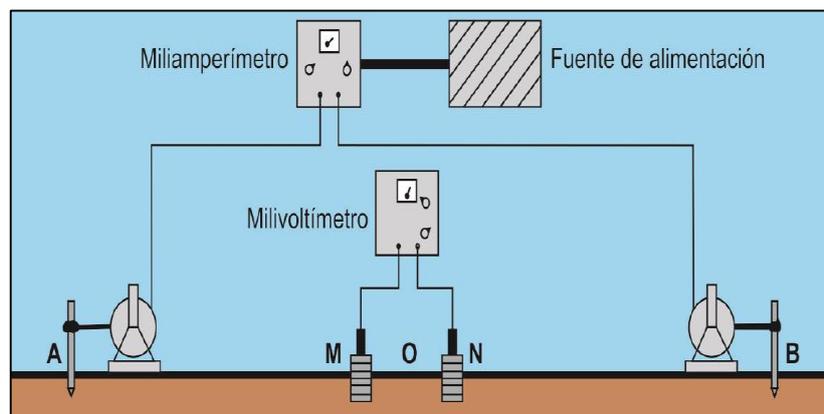


Gráfico 31 Distribución en el campo del dispositivo Schlumberger.

Fuente: Figura de Internet.

3.2.3.3 Elaboración de los modelos de resistividad eléctrica real del subsuelo

Para realizar el análisis en un medio de capas y ya no en un caso ideal (homogéneo), dado que la resistividad aparente es una función del espesor de cada capa y su resistividad real, es necesario procesar la curva de resistividad del campo para obtener la resistividad real. El modelo consta de un conjunto de parámetros, que son incógnitas que se estiman a partir de los datos medidos. En este caso, las incógnitas son el espesor y la resistividad de las diferentes capas del modelo estratificado. La solución de este problema, es decir, determinar el modelo a partir de su respuesta, se denomina "problema inverso" en geofísica (Kalenov, 1987).

Los trabajos realizados por (KOEFOED, 1979) (GHOSH, 1971), y (O'Neill, 1975), la integral de Stefanescu y Schlumberger (1930) ha sido resuelta de manera sencilla permitiendo el cálculo de la curva de resistividad aparente en una computadora personal en pocos segundos, lo que permite estimar automáticamente los parámetros del modelo teórico para ajustar mejor la curva de campo y la curva del modelo.

3.2.4 Ensayo de la veleta

El ensayo de la veleta es utilizado para determinar el parámetro de resistencia al corte no drenado in situ se lo realiza en el lugar donde los materiales se depositaron naturalmente sin tener que tener que transportar la muestra al laboratorio este ensayo se remonta a los

años 1940 a 1950 (Ladd et al., 1977). Este ensayo se lo utiliza comúnmente en suelos cohesivos, el equipo está conformado en su parte inferior contiene una cruceta metálica con dimensiones estandarizadas y esta está conectada a una barra de acero como se muestra en el Gráfico 32.

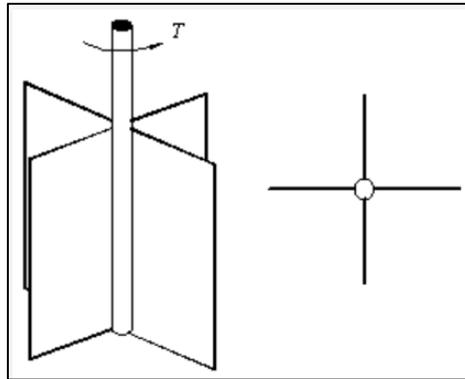


Gráfico 32 Extremo inferior de la Veleta.
Fuente (Olguín & Ortúzar, 2015)

El ensayo de la veleta de corte es utilizado en extensas exploraciones geotécnicas, consiste en insertar en el suelo a analizar la cruceta metálica, una vez insertada se aplica un torque sobre el sistema de barra de acero de la parte superior, con la finalidad de movilizar la cruceta insertada creando una falla cilíndrica en el suelo tal como se muestra en Gráfico 33(Olguín & Ortúzar, 2015).

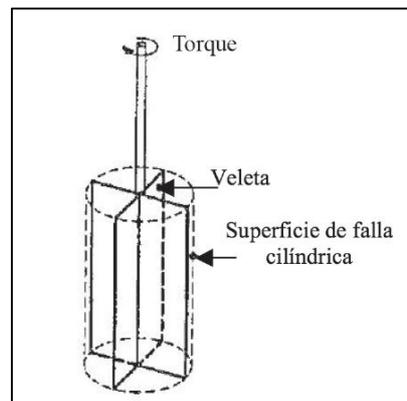


Gráfico 33 Superficie de falla cilíndrica.
Fuente:(Olguín & Ortúzar, 2015)

El tiempo de ensayo desde que se termina la penetración de la veleta hasta que empieza la rotación no debe ser mayor a cinco minutos, el torque que se aplica a la veleta es de 6 °/min manteniendo su elevación fija y anotando su máximo torque. Cuando se determina el máximo torque e debe realizar rápidamente alrededor de 5 a 10 vueltas con este procedimiento se puede determinar el torque residual(ASTM D2573-08, 2008).

3.2.4.2 Cálculo de resistencia máxima del corte no drenado

Para el cálculo de la resistencia máxima al corte no drenado $(s_u)_{fv}$ (ASTM D2573-08, 2008), se obtiene del máximo torque obtenido en campo y de las dimensiones de la veleta como a continuación se detalla :

- Para veletas rectangulares de $H/D = 2$;

$$(s_u)_{fv} : \frac{6T}{7\pi D^3} \times K$$

$(s_u)_{fv}$: Máxima resistencia al corte desde la veleta, kPa (lbf/ft²).

T : Máximo valor del torque en N m (lbf. ft).

D : Diámetro de la veleta, mm (in).

K : 1×10^6 (unidades del SI) y 1728 (unidades de inch-pound).

- Para veletas cónicas y otro tipo de veletas;

Para diferentes tipos de formas de veletas la expresión general está dada por:

$$(s_u)_{fv} : \frac{12 \times T}{\pi D^2 \left(\frac{D}{\cos(i_T)} + \frac{D}{\cos(i_B)} + 6H \right)} \times K$$

Donde:

$(s_u)_{fv}$: Máxima resistencia al corte desde la veleta, kPa (lbf/ft²).

T : Máximo valor del torque en N m (lb. ft).

D : Diámetro de la veleta, mm (in).

H : Altura de la veleta, mm (in)

i_T : ángulo de conicidad de la parte superior de la veleta.

i_B : ángulo de conicidad de la parte inferior de la veleta.

K : 1×10^6 (unidades del SI) y 1728 (unidades de inch-pound).

En el Gráfico 34 se presenta la geometría de las veletas de campo.

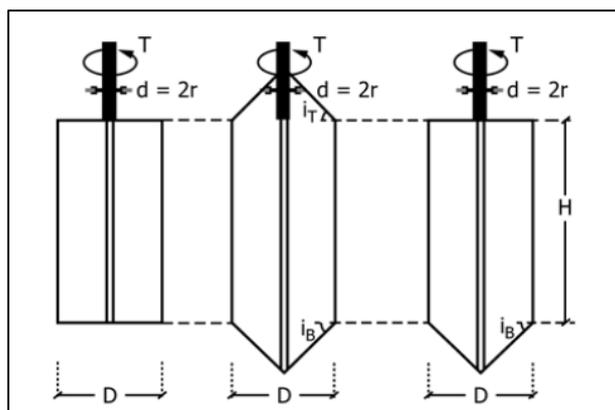


Gráfico 34 Geometría de las veletas de campo.
Fuente:(ASTM D2573-08, 2008)

3.3 Ensayos de Laboratorio

3.3.1 Resistencia al corte mediante ensayo de corte directo

El ensayo sirve para determinar la resistencia al corte drenado, pero con las condiciones de borde que se encuentran generadas por corte directo en la que la muestra es deformada a una tasa de deformación controlada en un solo plano de corte predeterminado.

Las deformaciones y esfuerzos de corte se distribuyen de manera no uniforme en la muestra. Una altura óptima o al menos apropiada no puede ser definida en el cálculo de esfuerzos de corte, por lo que, el módulo de corte mediante la gráfica esfuerzo-deformación o cualquier valor asociado a este no es válida en este ensayo (Das, 2011).

El esfuerzo normal y la humedad deben ser seleccionadas en el ensayo de tal forma que represente la condiciones in situ. La velocidad de corte debe ser de forma lenta para asegurar las condiciones drenadas.

Normalmente, se debe ejecutar tres o más ensayos de un mismo suelo o muestra con diferentes cargas normales para observar la respuesta de la resistencia al corte y los desplazamientos. Los resultados de estos ensayos en diferentes probetas se combinan para estimar los parámetros de resistencia al corte bajo el criterio de la envolvente de falla del círculo de Mohr.

El ensayo de corte directo se considera adecuado para una estimación rápida de los parámetros de resistencia al corte en estado consolidado drenado pues el ensayo permite

que el exceso de presión de poros se disipe de forma rápido en comparación con otros con otros ensayos drenados (Das, 2011).

El ensayo se lo puede realizar para todo tipo de suelo y se lo hacen en muestras inalteradas, reconstituidas o remodeladas, aunque existe limitación en el tamaño máximo de partículas.

Los resultados de este ensayo son aplicables para calcular los parámetros de resistencia al corte donde las condiciones in situ sean bajo condiciones de consolidación completa debido a esfuerzos normales existentes. La falla de la muestra se alcanza de forma lenta bajo condiciones drenadas de manera que se disipa el exceso de presión de poros.

Es importante destacar que, en el ensayo, se presenta una rotación de los esfuerzos principales, lo que puede o no ser una condición representativa de las condiciones que en campo ocurre. Además, es posible que la falla no ocurra en el plano más débil, pues, está se ve predeterminada o forzada a ocurrir en un plano que se encuentra a la mitad de la muestra (Das, 2011).

El área que presenta la superficie de corte va disminuyendo durante el ensayo lo que deriva en incertidumbres en cuanto al valor del corte y esfuerzo normal que se presenta en el plano de corte, aunque no se ve afectado en la relación de esfuerzos.

Para el desarrollo del ensayo, se siguió las recomendaciones, equipos y procedimientos dados por la norma (Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions, 2011) que expresa lo siguiente:

Se debe coloca una probeta en el aparato de corte y aplicar un esfuerzo normal determinado, se le humedece o provee drenaje a la muestra o ambas, se consolida el espécimen con un esfuerzo normal, se destraba ambas porciones o mitades en la caja de corte y se corta mediante el desplazamiento lateral de una de ellas con una tasa de deformación constante, mientras se va midiendo la fuerza de corte, desplazamiento lateral relativo y también el desplazamiento normal. La velocidad o tasa de corte debe ser tan lenta como para que la muestra permita que no exista exceso de presión de poros.

3.3.2 Resistencia al corte mediante ensayo triaxial no confinado no drenado (UU)

Los ensayos triaxiales comparado con otros ensayos de campo y laboratorio convencionales usados en nuestro medio tienen la ventaja de que los valores de los parámetros de resistencia al corte poseen una confiabilidad alta, esto debido principalmente a las siguientes razones (Das, 2013).

- Se puede observar el comportamiento del suelo mediante la gráfica esfuerzo-deformación.
- Diferente al ensayo de corte directo, en el ensayo triaxial las condiciones a las que está sometido el esfuerzo se centran a lo largo del plano de falla.
- Haciendo referencia a la carga aplicada en el ensayo, está permite un grado de flexibilidad mayor.

En el ensayo triaxial no confinado no drenado se puede determinar la resistencia y la curva esfuerzo-deformación de una muestra de suelo cohesivo de forma cilíndrica, la muestra puede ser tanto inalterado como remoldeado. Las muestras se someten a una presión confinante de fluido dentro de una cámara triaxial. Durante el ensayo no se permite drenaje en la muestra que es que se aplica una compresión a una tasa de deformación axial constante, es decir una deformación controlada.

Se obtiene datos que sirven para estimar la resistencia no drenada, así como también la relación esfuerzo-deformación del suelo. Este método proporciona únicamente información de esfuerzos totales que se aplica a la muestra, por lo tanto, no se corrige por presiones intersticiales.

La resistencia de un suelo en esta prueba se determina en términos de esfuerzos totales, por lo que los valores resultantes dependerán de la presión de poros durante la aplicación de la carga. No se permite la salida de fluidos ya sea desde o hacia el interior del espécimen mientras se aplica la carga, por lo tanto, la resistencia es distinta a la que resulta en el caso de condiciones drenadas.

En el caso en que las muestras están saturadas al 100%, la consolidación no ocurrirá al momento que se aplica la presión de confinamiento o durante la etapa de corte debido a que no se produce el drenaje. Por lo que, en caso de que se prueben varias muestras del

mismo material, y en caso de que todas ellas poseen contenido de agua y relación de vacíos similares, entonces, tendrán casi las mismas resistencias al corte no drenado (Das, 2013). La envolvente de falla según el criterio de Mohr, generalmente, es una recta horizontal como se muestra en el Gráfico 35 sobre todo el rango de esfuerzos de confinamiento en caso de que las muestras estén completamente saturadas.

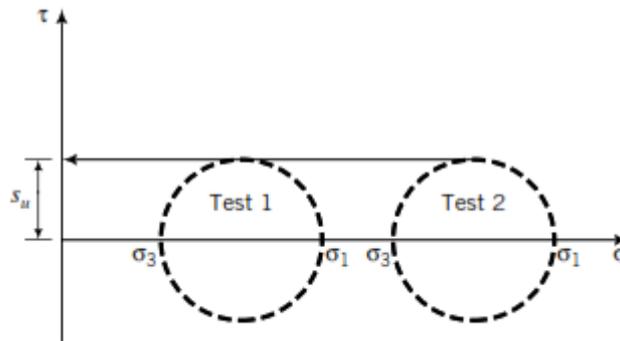


Gráfico 35 Esfuerzos, trayectoria de esfuerzos y envolvente de falla en los círculos de Mohr para ensayos triaxiales UU en arcillas 100% saturadas.

Fuente : (Budhu, 2010)

En el caso en que las muestras sean parcialmente saturadas o compactadas ($S < 100\%$), hay la posibilidad de que exista consolidación al cuando se aplique presión de confinamiento y durante el corte a pesar de que no se permita drenar. Por lo tanto, cuando se ensayan varias muestras del mismo suelo bajo estas condiciones y a diferentes presiones de confinamiento, estas no tendrán la misma resistencia no drenada al corte, debido a esto, la envolvente de falla en el círculo de Mohr para ensayos triaxiales UU suele tener curvatura como se puede ver en el Gráfico 36 Gráfico 35.

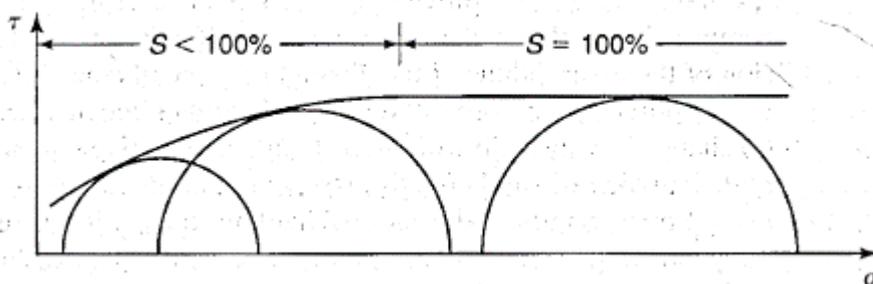


Gráfico 36 Esfuerzos, trayectoria de esfuerzos y envolvente de falla en los círculos de Mohr para ensayos triaxiales UU en arcillas no saturadas.

Fuente : (Holtz et al., 1981)

La resistencia obtenida a través de este ensayo es aplicable cuando se supone que las cargas a las que está sometida el suelo son tan rápidas que no existe el tiempo suficiente para que la presión de poro provocada por el agua se disipe y por lo tanto produzca que el suelo se consolide durante la aplicación de la carga, en otras palabras, no existe drenaje.

En el caso en que las condiciones de carga en el campo sean diferentes de manera significativa a las utilizadas en este ensayo, el procedimiento puede no ser aplicable.

El ensayo fue desarrollado según la norma (Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils, 2015), donde la relación altura/diámetro varían de 2 a 3 que permite un comportamiento adecuado en el transcurso del ensayo y por lo tanto resultados más veraces. Regularmente, las muestras tienen dimensiones de 38 mm de diámetro y de largo una dimensión de 76 mm. El espécimen, se encapsula con una membrana fina de hule para impermeabilizarlo y evitar así el ingreso de fluidos. Posteriormente, la muestra es colocada en una cámara cilíndrica que normalmente es llenada con agua o en su defecto con glicerina. A la muestra se le da inicialmente una presión de confinamiento gracias a la compresión que genera el fluido en la cámara. Para llegar a los valores de esfuerzos de falla, se aplica a la muestra una carga axial vertical denominada como esfuerzo desviador.

3.3.3 Resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos

El ensayo de compresión no confinada es considerado como un caso especial del ensayo de compresión triaxial no consolidado no drenado (UU). Con este ensayo de laboratorio se determina la resistencia a la compresión sin confinamiento de tipos de suelos cohesivos ya sea en muestras inalteradas, reconstituidas o remodeladas a la cual se le aplica una carga axial que es controlada.

Mediante esta prueba de ensayo se logra estimar un aproximado del valor de la resistencia en términos de esfuerzos totales en suelos cohesivos.

Se aplica únicamente a materiales con cohesión como arcillas o suelos cementados que no expulsan agua debido a la deformación o compactación provocada durante la carga que se le aplica. En materiales desmenuzables y secos, limos y arenas no se debe analizar con este ensayo pues sus valores según la norma (Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil 1, 2016), no son válidos.

El objetivo principal del ensayo es obtener una medida rápida de la resistencia a la compresión en los suelos que tienen suficiente cohesión de tal forma que permita realizar

el ensayo en el estado no confinado.

Los suelos cuya estructura es fisurada o fragmentada, algunas formas de loess, arcillas muy blandas, suelos desmenuzables y secos o que contienen cantidades importantes de limos o arenas o también ambas que tienen por lo general propiedades cohesivas, frecuentemente presentan resistencias al corte más altas cuando se realiza ensayos de compresión triaxial no consolidado no drenado (UU). Adicionalmente, los suelos no saturados generalmente muestran resistencias al corte distintas cuando se realizan ensayos triaxiales (UU).

El ensayo se desarrolló según los lineamientos y procedimientos de la norma (Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil 1, 2016), donde mediante una muestra cilíndrica que no se encuentra confinada lateralmente es sometida a una carga axial a una velocidad de deformación que varía entre 0.5 a 2 % por cada minuto. La resistencia a la compresión no confinada que es el esfuerzo de compresión al momento de la falla y la resistencia al corte no drenado S_u , es igual a la mitad de q_u .

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Caracterización del suelo mediante ensayos de laboratorio

Todos los ensayos de laboratorio descritos en esta sección se encuentran en ANEXOS. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

4.1.1 Perforación 1

En la Tabla 15 se puede observar que existe presencia de suelos de baja plasticidad como son arcillas con un contenido de finos mayores al 88% hasta una profundidad de 11 metros, y a partir de ahí hasta los 15 m se encontró arcillas arenosas de baja plasticidad con contenido de finos del 65%. Las plasticidades en toda la estratigrafía no tienen variación encontrándose en un rango de ± 4 puntos.

Profundidad (m)	Granulometría			Humedad y límites				SUCS	Descripción.
	Gravas %	Arenas %	Finos %	w (%)	LL	LP	IP		
0,00	0,2	11,1	88,7	19,2	37	23	14	CL	Arcilla de baja plasticidad
1,00	0	13,1	86,9	18,5	24	14	10	CL	Arcilla de baja plasticidad
2,00	0	13,1	86,9	19,2	24	14	10	CL	Arcilla de baja plasticidad
3,00	0	13,1	86,9	23,8	24	14	10	CL	Arcilla de baja plasticidad
4,00	0,1	12,3	87,5	19,6	37	23	14	CL	Arcilla de baja plasticidad
5,00	0,1	1,3	98,6	13,6	36	23	13	CL	Arcilla de baja plasticidad
6,00	0,1	1,3	98,6	13,6	36	23	13	CL	Arcilla de baja plasticidad
7,00	0,1	1,3	98,6	13,6	36	23	13	CL	Arcilla de baja plasticidad
8,00	0,1	8,3	91,6	15,1	35	23	12	CL	Arcilla de baja plasticidad
9,00	0,2	3,5	96,3	20,1	34	23	11	CL	Arcilla de baja plasticidad
10,00	0,2	3,5	96,3	15,6	34	23	11	CL	Arcilla de baja plasticidad
11,00	0,7	3,3	96	14,9	36	24	12	CL	Arcilla de baja plasticidad
12,00	0,1	34,8	65,1	16,2	36	24	12	CL	Arcilla de baja plasticidad con arena
13,00	0,1	34,8	65,1	15,2	36	24	12	CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad
14,00	0,1	34,8	65,1	15,6	36	24	12	CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad
15,00	0,1	34,8	65,1	14,9	36	24	12	CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad

Tabla 15 Caracterización del suelo en perforación 1.

Fuente: Autores

4.1.2 Perforación 2

En esta perforación se encuentra de igual forma partículas de suelo fino en toda la profundidad de exploración y a pesar de que la cantidad de finos encontrados son superiores al 86%, existe intercalaciones en la estratigrafía de arcillas de baja plasticidad en las profundidades de 0 a 1 m, 5 m, 8 a 11 m, limos arenosos en 2 a 3 m, 6 a 7 m, 12 a 13 m, y arcillas limosas de baja plasticidad a los 14 y 15 m de profundidad. Los índices de plasticidad para para las arcillas bordea los valores de 11 mientras que el material limoso posee IP de alrededor de 6. En la Tabla 16 se detalla el material encontrado a cada metro.

Profundidad (m)	Granulometría			Humedad y límites				SUCS	Descripción.
	Gravas %	Arenas %	Finos %	w (%)	LL	LP	IP		
0,00	0,1	7,8	92,81	13,5	35	23	12	CL	Arcilla de baja plasticidad
1,00	0,1	3,7	96,2	13,36	35	24	11	CL	Arcilla de baja plasticidad
2,00	0,1	7,3	92,6	13,23	36	25	11	ML	Limo arenoso
3,00				13,23	36	25	11	ML	Limo arenoso
4,00				13,23	36	25	11	ML	Limo arenoso
5,00	0,1	13	86,8	13,84	33	21	12	CL	Arcilla de baja plasticidad
6,00	0,1	4,4	95,5	12,08	35	24	11	ML	Limo arenoso
7,00				13,65	35	24	11	ML	Limo arenoso
8,00	0,1	9,7	90,2	17,78	34	23	11	CL	Arcilla de baja plasticidad
9,00				23,58	34	23	11	CL	Arcilla de baja plasticidad
10,00				15,57	34	23	11	CL	Arcilla de baja plasticidad
11,00	0	2,5	97,5	17,47	35	24	11	CL	Arcilla de baja plasticidad
12,00	0	5,5	94,5	16,56	30	24	6	ML	Limo arenoso
13,00				15,33	30	24	6	ML	Limo arenoso
14,00	0	1	99	19,24	25	18	7	CL-ML	Arcilla limosa de baja plasticidad
15,00				11,53	25	18	7	CL-ML	Arcilla limosa de baja plasticidad
16,00	0	8,5	91,5	15,2	34	20	14	CL	Arcilla de baja plasticidad
17,00				22,84	34	20	14	CL	Arcilla de baja plasticidad
18,00				13,68	34	20	14	CL	Arcilla de baja plasticidad

Tabla 16 Caracterización del suelo en perforación 2.

Fuente: Autores

4.1.3 Perforación 3

Las primeras capa hasta la profundidad de 3 m se trata de un limo arenoso con un IP de 10 y humedad natural relativamente mayor al resto de capas encontradas, posteriormente

a partir de los 4 m y hasta los 10 m de profundidad de exploración, se evidencia la presencia de arcilla arenosa de baja plasticidad con grava con índice de plasticidad de 9, luego de esta capa, existe la presencia de suelo arcillo limoso de baja plasticidad con contenido de arena, luego, en los 12 y 13 m según ensayos de laboratorio se determinó la existencia de arcilla limosa de baja plasticidad con arena seguido de arenas limo arcillosas en los 13 y 14 m, luego de esta capa y hasta la profundidad de exploración de 19 m se encuentra suelos areno limosos con gravas. En la Tabla 17 se detalla el material encontrado a cada metro.

Profundidad (m)	Granulometría			Humedad y límites				SUCS	Descripción
	Gravas %	Arenas %	Finos %	w (%)	LL	LP	IP		
0,00							-	-	-
1,00	0,8	6,6	92,6	22,17	36	26	10	ML	Limo arenoso
2,00				24,22	36	26	10	ML	Limo arenoso
3,00				24,22	36	26	10	ML	Limo arenoso
4,00	15,1	30,9	54	14,98	26	17	9	CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava
5,00				20,86	26	17	9	CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava
6,00				8,05	26	17	9	CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava
7,00				7,5	26	17	9	CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava
8,00				12,46	26	17	9	CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava
9,00				10,87	26	17	9	CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava
10,00				15,3	26	17	9	CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava
11,00	0,4	21,1	78,4	11,34	25	18	7	CL-ML	Arcilla limosa de baja plasticidad con arena

12,00				14,19	25	18	7	CL-ML	Arcilla limosa de baja plasticidad con arena
13,00	0,2	16,2	83,6	7,68	26	10	16	CL-ML	Arcilla limosa de baja plasticidad con arena
14,00	3,6	48	48,4	17,01	23	18	5	SC-SM	Arena limo arcillosa
15,00	28	50	21,5	15,14	-	-	-	SC-SM	Arena limo arcillosa
16,00				10,06	-	-	-	SM	Arena limosa con grava
17,00				11,99	-	-	-	SM	Arena limosa con grava
18,00				13,85	-	-	-	SM	Arena limosa con grava
19,00				11,34	-	-	-	SM	Arena limosa con grava

Tabla 17 Caracterización del suelo en perforación 3

Fuente: Autores

4.1.4 Perforación 4

En la exploración realizada mediante roto percusión se evidencia tres capas compuestas por arcillas de baja plasticidad con arena desde el inicio hasta una profundidad de 5 m, para continuar a partir de esta profundidad y hasta los 9 m con arcillas de baja plasticidad y finalmente, hasta los 15 m obtener limos arenosos de baja plasticidad. En la primera capa la cantidad de humedad natural es relativamente alta, así como también su contenido de finos. En la Tabla 18 se detalla el material encontrado a cada metro.

Profundidad (m)	Granulometría			Humedad y límites				SUC S	Descripción.
	Gravas %	Arenas %	Finos %	w (%)	L L	L P	IP		
0,00							-	-	-
1,00	5,9	13,6	80,5	27,21	34	23	11	CL	Arcilla de baja plasticidad con arena
2,00				23,87	34	23	11	CL	Arcilla de baja plasticidad con arena
3,00				28,2	34	23	11	CL	Arcilla de baja plasticidad con arena
4,00				23,1	34	23	11	CL	Arcilla de baja plasticidad con arena
5,00	2,9	15,3	81,8	19,6	32	23	9	CL	Arcilla de baja plasticidad con

									arena
6,00	0,3	14,5	85,2	14,4	31	22	9	CL	Arcilla de baja plasticidad
7,00				17,2 5	31	22	9	CL	Arcilla de baja plasticidad
8,00				15,0 8	31	22	9	CL	Arcilla de baja plasticidad
9,00				12,5	31	22	9	CL	Arcilla de baja plasticidad
10,00	0	34,8	65,2	14,5 1	30	0	30	ML	Limo arenoso de baja plasticidad
11,00				14,9 4	30	0	30	ML	Limo arenoso de baja plasticidad
12,00				16,5 7	30	0	30	ML	Limo arenoso de baja plasticidad
13,00	0	19,6	80,4	11,4 1	32	0	32	ML	Limo arenoso de baja plasticidad
14,00				11,6 3	32	0	32	ML	Limo arenoso de baja plasticidad
15,00					32	0	32	ML	Limo arenoso de baja plasticidad

Tabla 18 Caracterización del suelo en perforación 4.

Fuente: Autores

4.2 Resultado de los ensayos de campo

4.2.1 Corrección de número de golpes, parámetros geotécnicos en base a correlaciones y perfil estratigráfico

Los valores presentados en esta sección muestran las diferentes correcciones y correlaciones con parámetros geotécnicos y la consistencia o densidad relativa de los suelos ensayados a distintas profundidades en las 4 perforaciones realizadas.

4.2.2.1 Perforación 1:

En la Tabla 19 y Gráfico 37, Gráfico 38 y Gráfico 39, se observa que el valor del número de golpes corregido $N1(60)$, tiene un orden creciente conforme se profundiza en la exploración y el ensayo indica que su consistencia cambia de muy compacto desde la parte más superficial del ensayo hasta los 4 m para luego llegar a ser extremadamente compacta según lo estimado por el número de golpes.

Cabe indicar que en las profundidades de los 8 m y de 12 a 15 m dio rechazo por lo que no fue posible determinar o realizar el ensayo conforme la normativa ASTM lo recomienda, siendo no válido para obtener parámetros a estas profundidades.

Profundidad (m)	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	γ kN/m ³	σ'vo kPa	C _R	C _N	NF	(N1) ₆₀	(N1) ₆₀ CORR	N ₆₀ CORR	Es (kPa)	Consistencia / Densidad Relativa
0,00	-	-	-	-	19,4	-	0,75	-	NO	-	-	-	-	-
1,00	10	12	11	23	19,39	19,4	0,75	-	NO	-	-	17	16125	Muy compacto
2,00	6	11	15	26	20,48	38,8	0,75	-	NO	-	-	20	17250	Muy compacto
3,00	9	14	18	32	20,58	59,3	0,75	-	NO	-	-	24	19500	Muy compacto
4,00	11	15	20	35	19,54	79,9	0,75	-	NO	-	-	26	20625	Muy compacto
5,00	14	22	30	52	17,42	99,4	0,85	-	NO	-	-	44	33857	Extremadamente compacto
6,00	11	17	21	38	20,72	116,8	0,85	-	NO	-	-	32	24742	Extremadamente compacto
7,00	12	16	20	36	20,90	137,5	0,95	-	NO	-	-	34	26197	Extremadamente compacto
8,00	27	R12	R	-	-	-	-	-	NO	-	-	-	-	-
9,00	20	30	45	75	18,14	179,3	0,95	-	NO	-	-	71	54578	Extremadamente compacto
10,00	12	20	38	58	23,41	197,5	0,95	-	NO	-	-	55	42207	Extremadamente compacto
11,00	12	30	43	73	25,56	220,9	1,00	-	NO	-	-	73	55918	Extremadamente compacto
12,00	40	R	R	-	-	-	-	-	NO	-	-	-	-	-
13,00	17	30	R	-	-	-	-	-	NO	-	-	-	-	-
14,00	20	R14	R	-	-	-	-	-	NO	-	-	-	-	-
15,00	40	R10	R	-	-	-	-	-	NO	-	-	-	-	-

Tabla 19 Caracterización del suelo en perforación 1.

Fuente: Autores

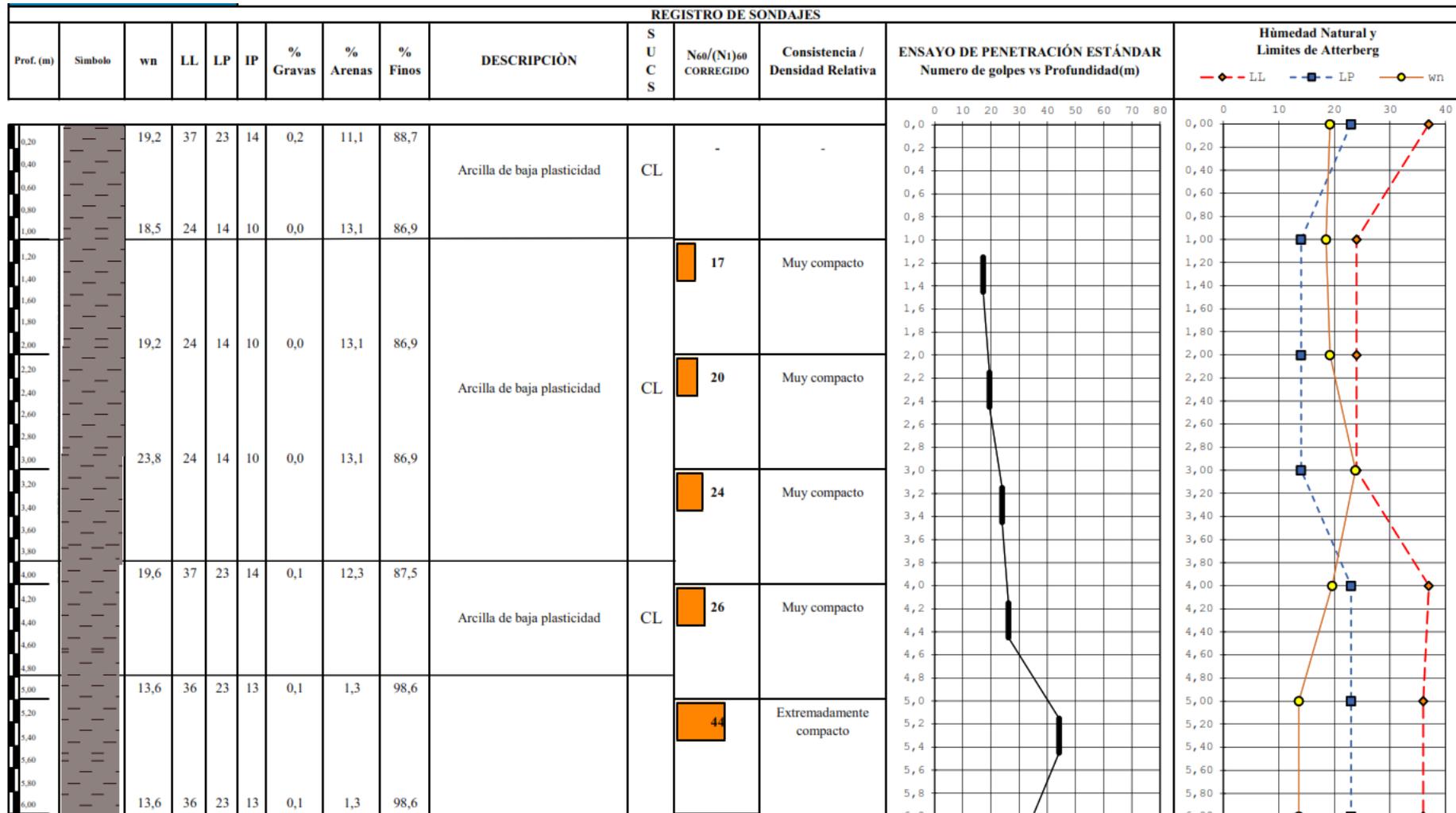


Gráfico 37 Perforación 1 (Parte 1): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.

Fuente: Autores

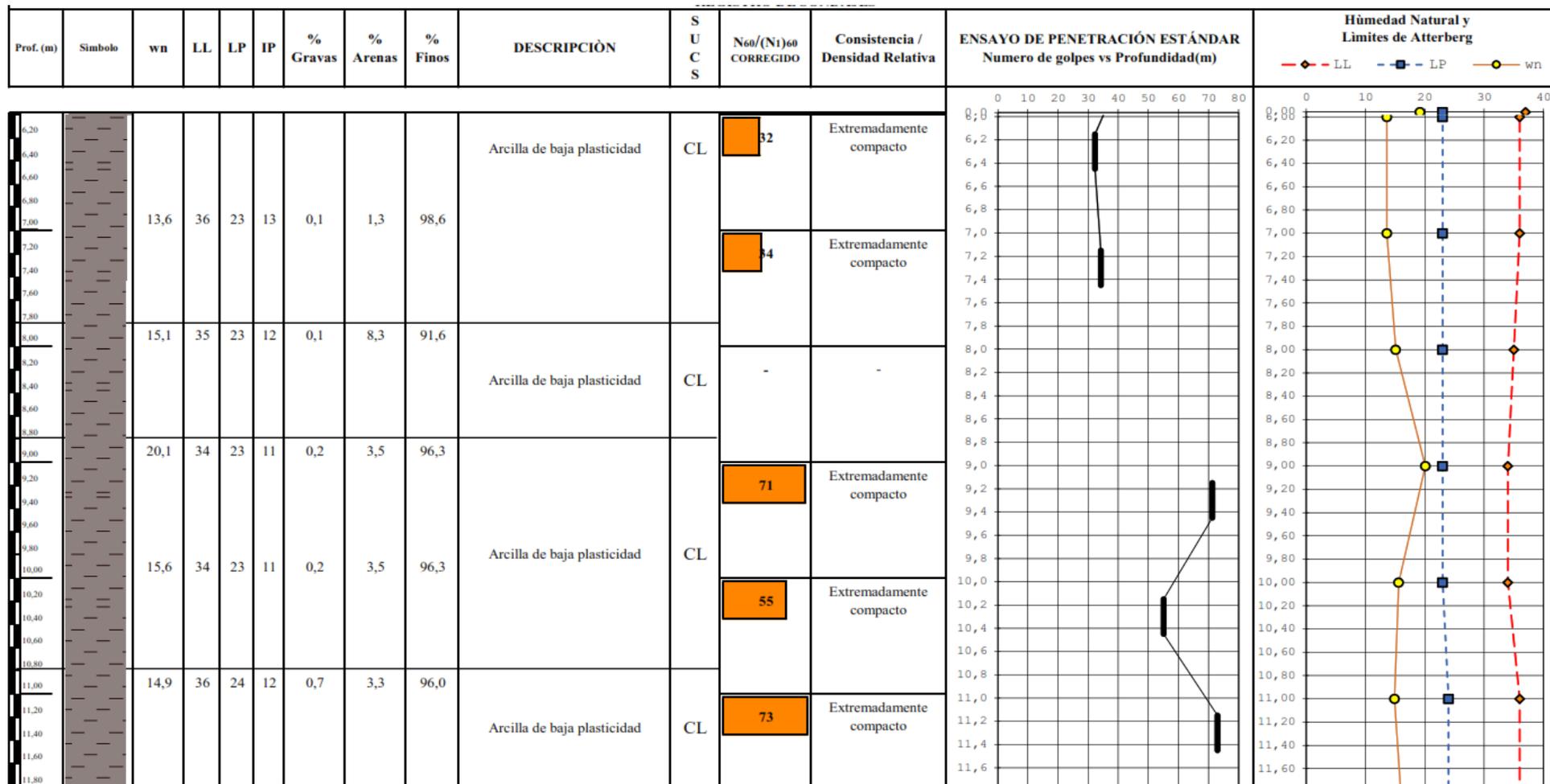
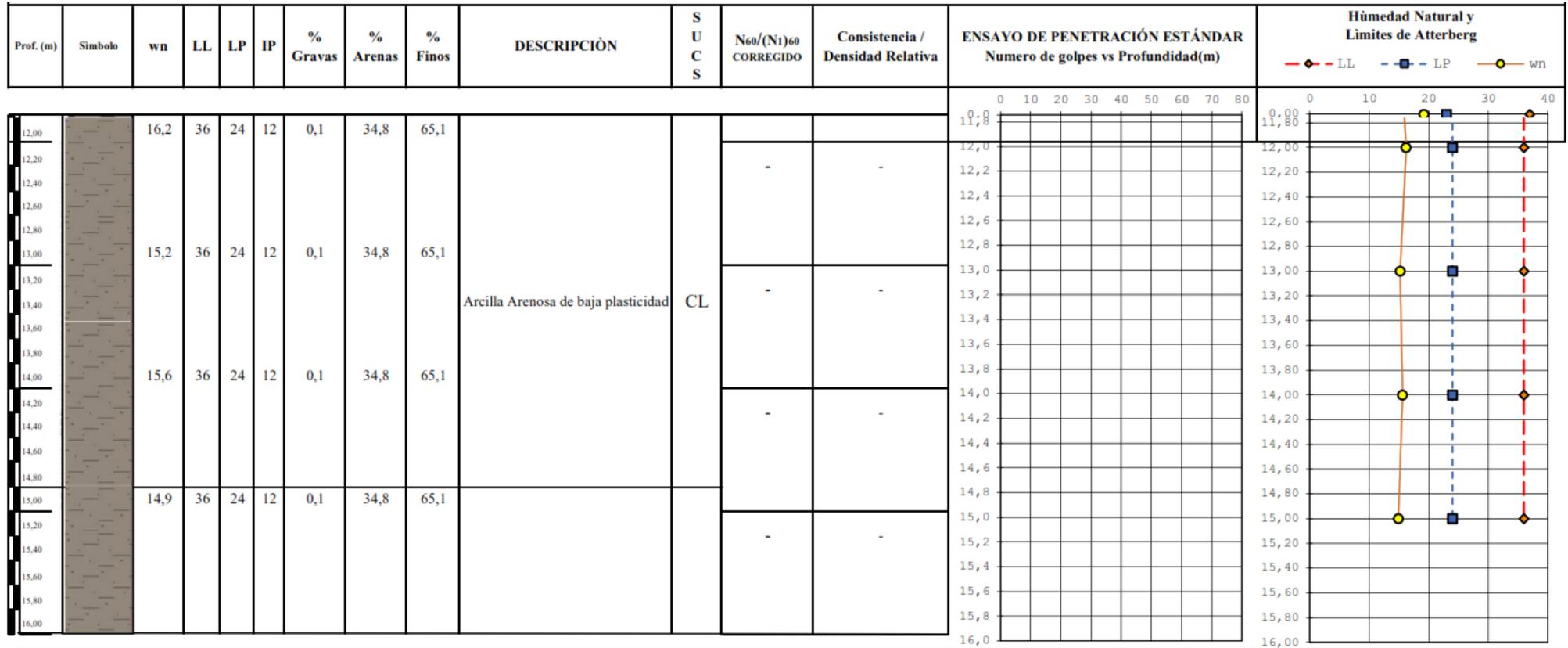


Gráfico 38 Perforación 1 (Parte 2): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.
(Fuente: Autores)



OBSERVACIONES: Se detuvo el ensayo de SPT a los 7m y 16m por dar rechazo.

InGeotec

Gráfico 39 Perforación 1 (Parte 3): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.

Fuente: Autores

4.2.2.2 Perforación 2:

Los ensayos realizados en esta perforación indican un cambio de consistencia basados en el número de golpes que va de muy compacto desde el 1 m hasta los 3 m, luego al profundizarse a los 5 m tiene una consistencia extremadamente dura hasta los 17 m de profundidad, sin embargo, la consistencia baja en un solo punto de los ensayos que es a los 9 m la cual posee una consistencia compacta, siendo a esta profundidad donde se encuentra más débil el suelo con un número de golpes corregido $N1(60)$ de 10.

A las profundidades de 4 m, de 12 a 16 m y de 18 a 19 m no fue posible determinar el número de golpes debido a dar rechazo al momento del ensayo.

Toda la información citada y los parámetros geotécnicos estimados en base a este ensayo se encuentra en la Tabla 20 y Gráfico 40, Gráfico 41 y Gráfico 42.

Profundidad (m)	N ₁	N ₂	N ₃	NSPT	γ kN/m ³	σ'vo kPa	C _R	C _N	NF	(N1) ₆₀	(N1) ₆₀ CORR	N ₆₀ CORR	Es (kPa)	Consistencia / Densidad Relativa
0,00	-	-	-	-	19,95	4,5	-	-	NO	-	-	-	-	-
1,00	9	11	17	28	19,95	15,5	0,75	-	NO	-	-	21	18000	Muy compacto
2,00	9	9	12	21	19,16	35,4	0,75	-	NO	-	-	16	15375	Muy compacto
3,00	7	10	14	24	19,50	54,6	0,75	-	NO	-	-	18	16500	Muy compacto
4,00	-	-	-	-	27,34	74,1	-	-	NO	-	-	-	-	-
5,00	13	17	21	38	21,65	101,4	0,85	-	NO	-	-	32	24742	Extremadamente compacto
6,00	36	26	22	48	22,92	123,1	0,85	-	NO	-	-	41	31253	Extremadamente compacto
7,00	14	20	29	49	23,78	146,0	0,95	-	NO	-	-	47	35657	Extremadamente compacto
8,00	11	15	20	35	21,79	169,8	0,95	-	NO	-	-	33	25470	Extremadamente compacto
9,00	6	5	6	11	18,37	191,6	0,95	-	NO	-	-	10	12725	Compacto
10,00	13	28	38	66	26,21	209,9	0,95	-	NO	-	-	63	48028	Extremadamente compacto
11,00	26	43	R12	-	22,45	236,1	-	-	NO	-	-	-	-	-
12,00	18	28	45	73	27,75	258,6	1,00	-	NO	-	-	73	55918	Extremadamente compacto
13,00	20	29	R7	-	23,21	286,3	-	-	NO	-	-	-	-	-
14,00	26	R10	R	-	23,21	309,5	-	-	NO	-	-	-	-	-
15,00	18	30	R8	-	23,21	332,7	-	-	NO	-	-	-	-	-
16,00	20	29	R7	-	23,21	356,0	-	-	NO	-	-	-	-	-
17,00	19	26	42	68	27,00	379,2	1,00	-	NO	-	-	68	52088	Extremadamente compacto
18,00	50	R	R	-	27,00	406,2	-	-	NO	-	-	-	-	-
19,00	30	R	R	-	27,00	433,2	-	-	NO	-	-	-	-	-

Tabla 20 Caracterización del suelo en perforación 2.

Fuente: Autores

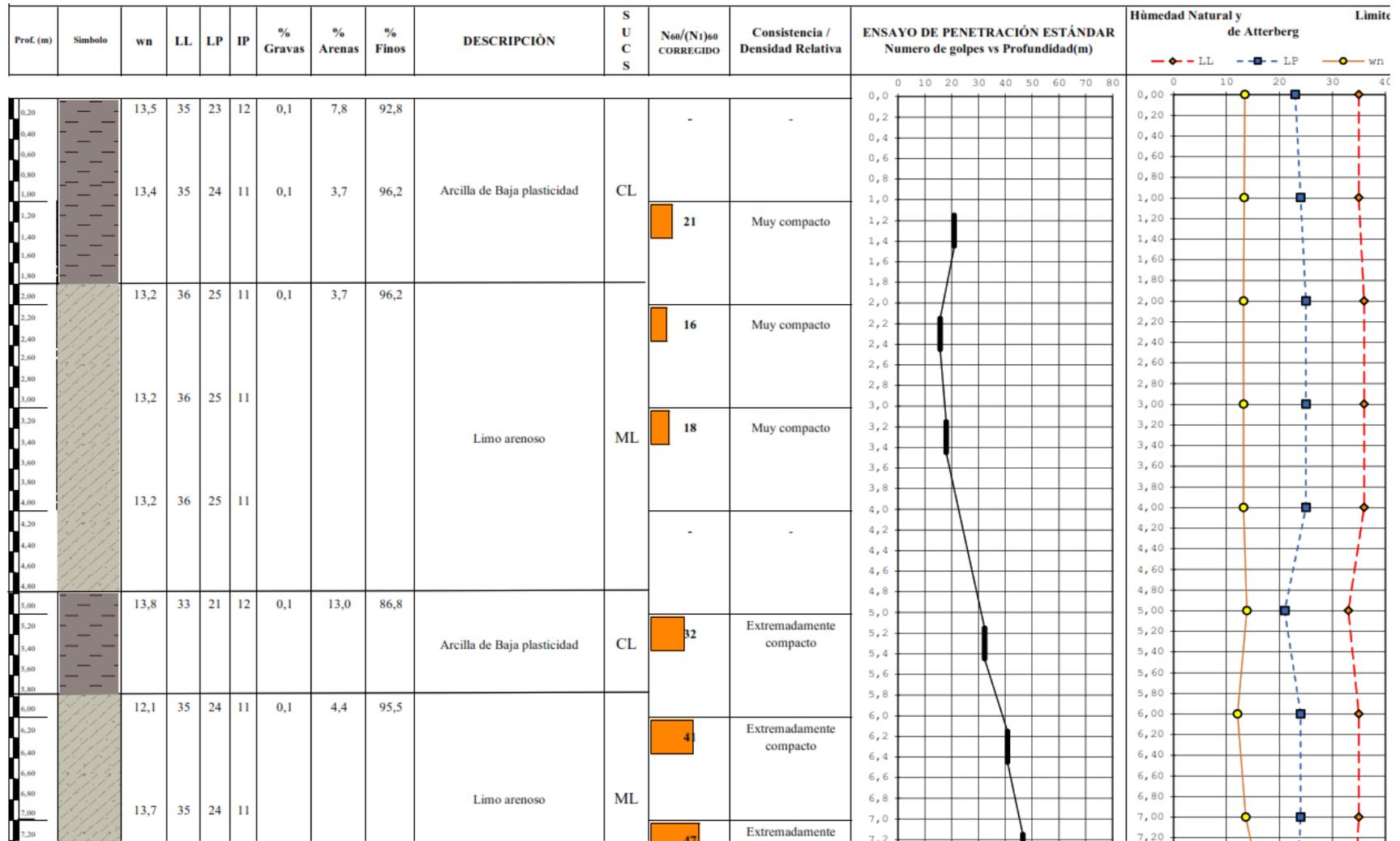


Gráfico 40 Perforación 2 (Parte 1): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.

Fuente: Autores

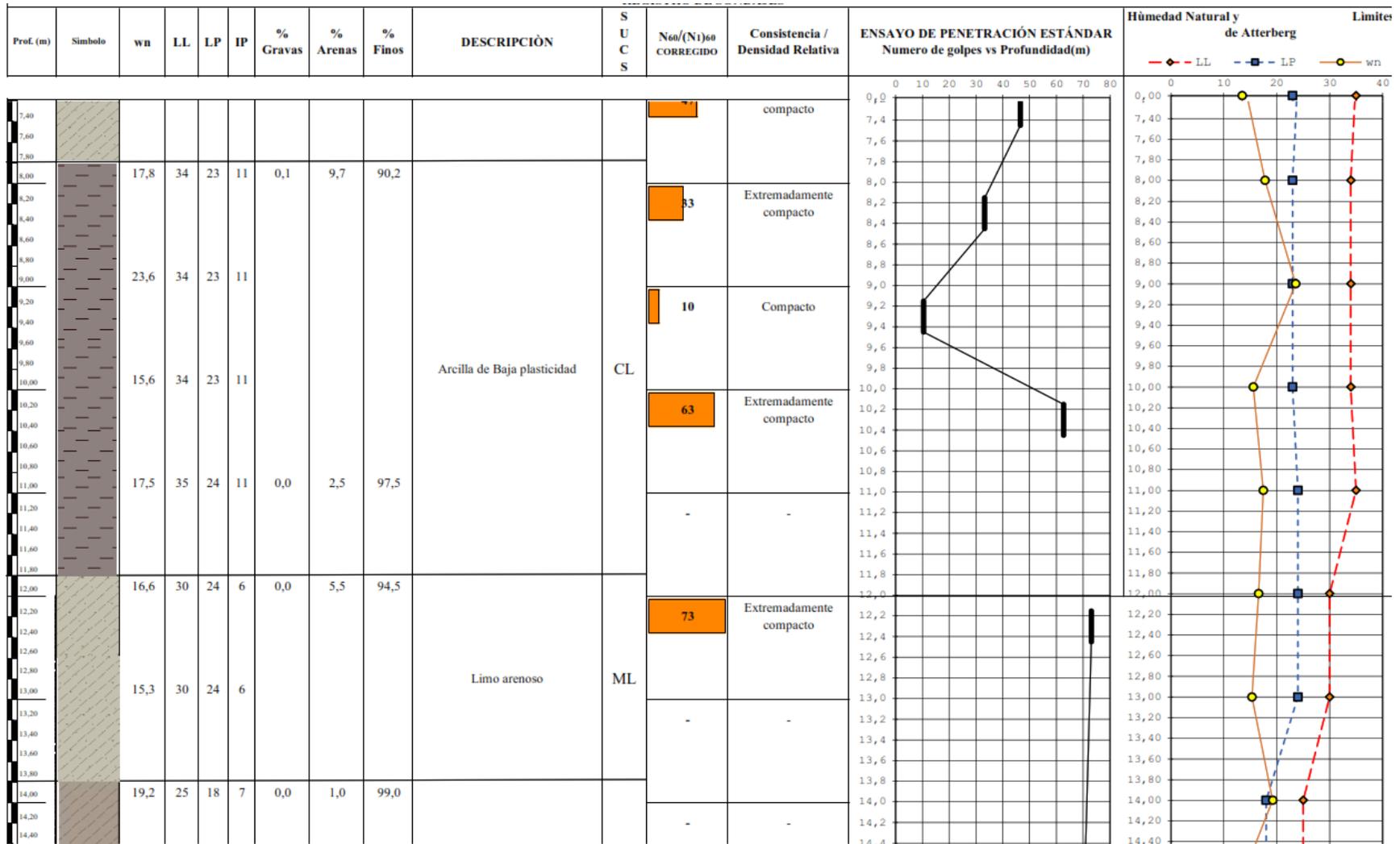
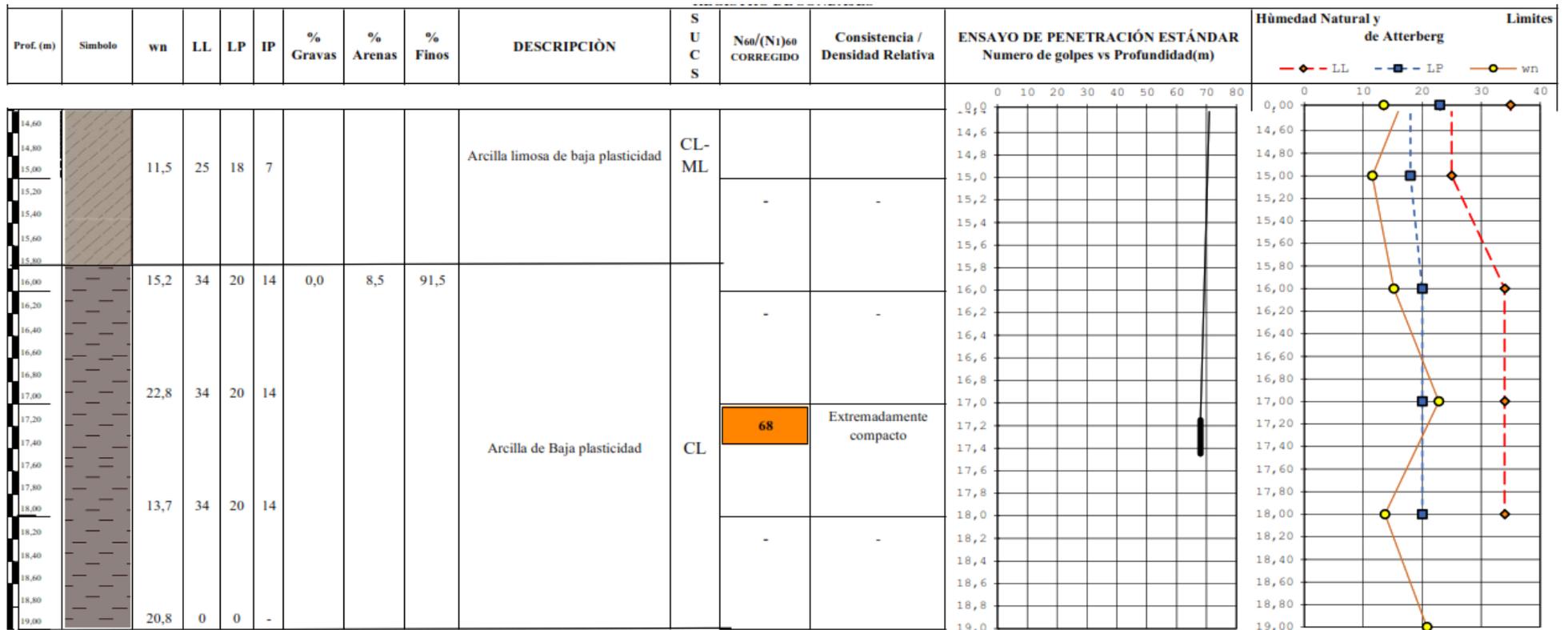


Gráfico 41 Perforación 2 (Parte 2): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.

Fuente: Autores



OBSERVACIONES:

InGeotec

Gráfico 42 Perforación 2 (Parte 3): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico

Fuente: Autores

4.2.2.3 Perforación 3:

En esta perforación y haciendo relación específicamente al ensayo SPT, se observa la Tabla 21 y Gráfico 43, Gráfico 44 y Gráfico 45 , que la consistencia desde el inicio del ensayo hasta los 2 m de profundidad es blanda, luego a los 4 m aumenta a medio blando para que a los 5 m se vuelva muy compacto y a partir de los cuales aumenta a extremadamente compacta hasta los 13 m, pasado esta profundidad, se tiene densidades relativas densas a los 14 m y medianamente densas a los 15 m. Todo esto en función de la información proporcionada por el número de golpes del ensayo SPT.

En las profundidades de 3 m. 9 a 11 m, no fue posible obtener datos de NSPT, puesto que dio rechazo.

Profundidad (m)	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	γ kN/m ³	σ' _{vo} kPa	C _R	C _N	NF	(N1) ₆₀	(N1) ₆₀ CORR	N ₆₀ CORR	Es (kPa)	Consistencia / Densidad Relativa
0,00				-	16,81	3,8	-	-	NO	-	-	-	-	-
1,00	1	2	4	6	16,81	20,6	0,75	-	NO	-	-	5	9750	Blando
2,00	1	3	4	7	17,25	37,4	0,75	-	NO	-	-	5	10125	Blando
3,00				-	17,25	54,7	-	-	NO	-	-	-	-	-
4,00	2	6	7	13	18,41	71,9	0,75	-	NO	-	-	10	12375	Medio blando
5,00	4	8	10	18	18,27	90,3	0,85	-	NO	-	-	15	15150	Muy compacto
6,00	13	41	45	86	27,77	108,6	0,85	-	NO	-	-	73	55995	Extremadamente compacto
7,00	43	R12	R12	-	19,29	136,3	-	-	NO	-	-	-	-	-
8,00	11	13	21	34	18,17	155,6	0,95	-	NO	-	-	32	24742	Extremadamente compacto
9,00	28	R13	R	-	18,17	173,8	-	-	NO	-	-	-	-	-
10,00	43	R13	R13	-	18,50	192,0	-	-	NO	-	-	-	-	-
11,00	40	R13	R	-	18,50	210,5	-	-	NO	-	-	-	-	-
12,00	20	30	31	61	18,88	229,0	1,00	-	NO	-	-	61	46726	Extremadamente compacto
13,00	24	34	31	65	28,00	247,9	1,00	-	NO	-	-	65	49790	Extremadamente compacto
14,00	12	25	29	54	18,71	275,9	1,00	0,48	NO	26	26	54	41364	Denso
15,00	15	20	32	52	18,22	294,6	1,00	0,45	NO	23	23	52	39832	Medianamente denso
16,00	7	12	R10	-	20,95	312,8	-	-	NO	-	-	-	-	-
17,00	20	R	R	-	19,26	333,7	-	-	NO	-	-	-	-	-
18,00	16	24	R	-	19,26	353,0	-	-	NO	-	-	-	-	-
19,00	7	12	R	-	19,26	372,3	-	-	NO	-	-	-	-	-

Tabla 21 Caracterización del suelo en perforación 3.

Fuente: Autores

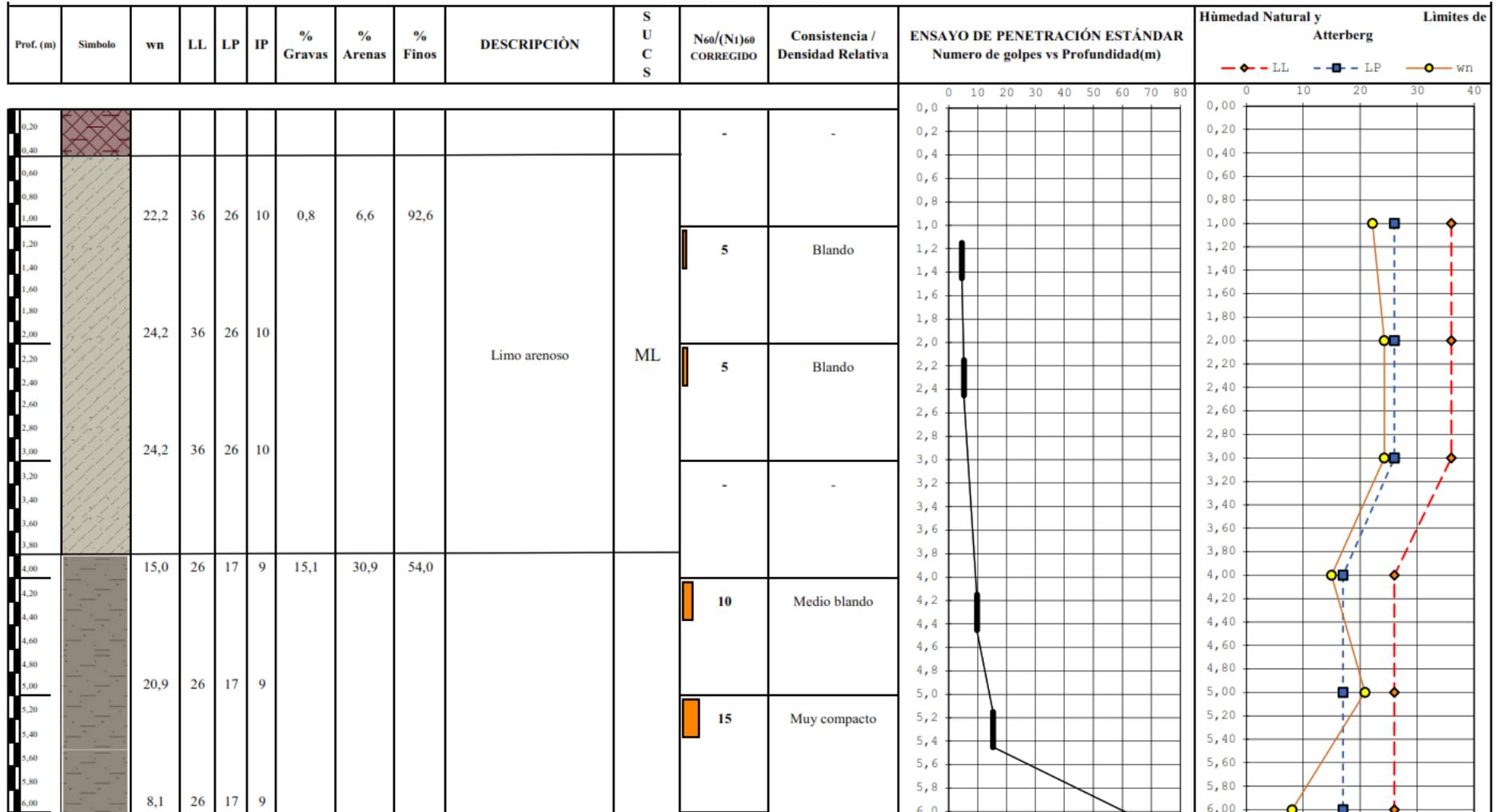


Gráfico 43 Perforación 3 (Parte 1): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.

Fuente: Autores

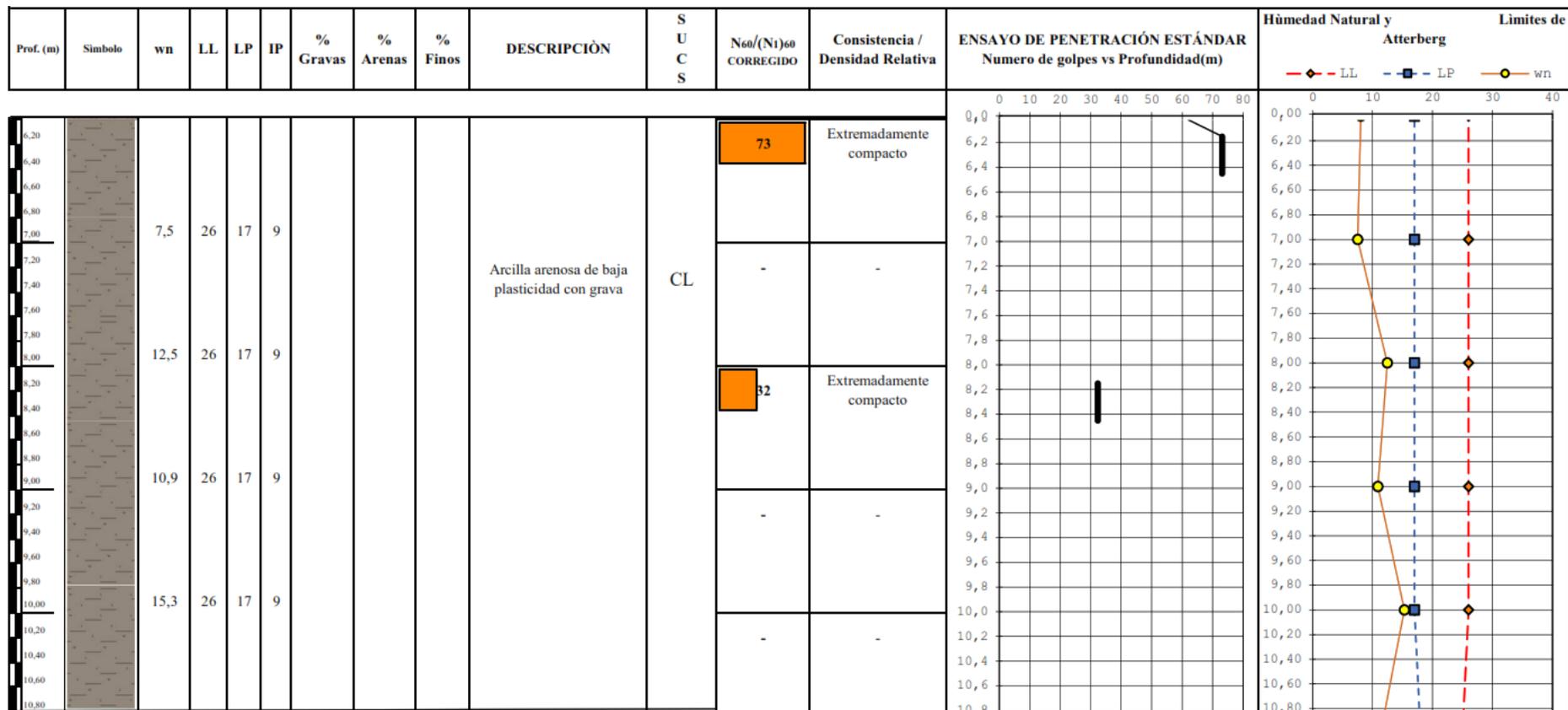


Gráfico 44 Perforación 3 (Parte 2): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.

Fuente: Autores

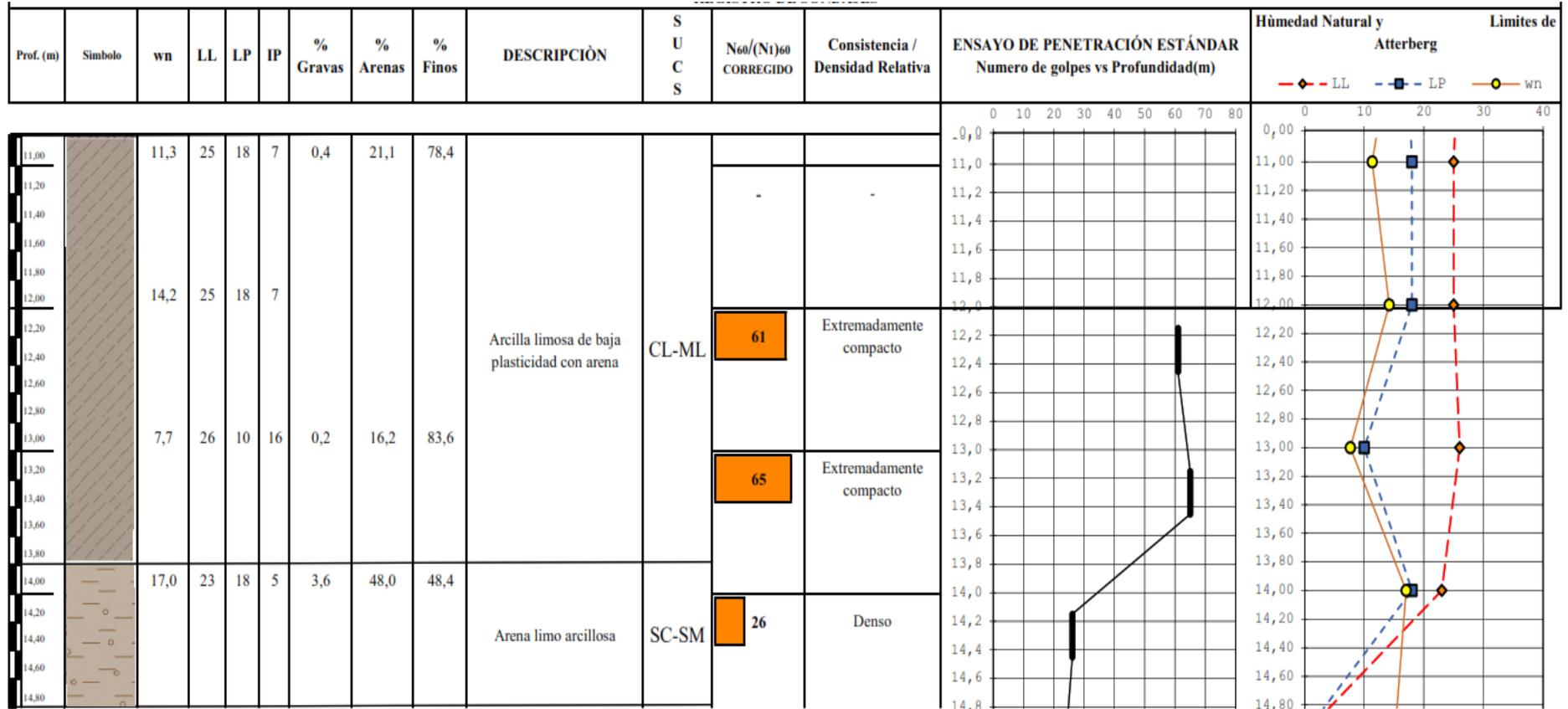


Gráfico 45 Perforación 3 (Parte 3): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.

Fuente: Autores

4.2.2.4 Perforación 4:

Como se puede observar en la Tabla 22 y Gráfico 46, Gráfico 47 y Gráfico 48, la consistencia establecida de acuerdo con el número de golpes va creciendo conforme se profundiza con la exploración y va desde muy blando desde el 1 m de profundidad hasta los 3 m, continua con consistencia medio blanda a los 3 m, luego desde los 6 m se torna muy compacta hasta los 7 m para finalmente tener consistencia extremadamente compacta desde los 8 m hasta los 13 m.

Los parámetros geotécnicos estimados en base al ensayo SPT se encuentran descritos en la Tabla 22, donde además se observa que, en las profundidades de 5, 14 y 15 m no se pudo obtener el número de golpes debido a que dio rechazo según criterio de la normativa ASTM.

Profundidad (m)	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	γ kN/m ³	σ' _{vo} kPa	C _R	C _N	NF	(N ₁) ₆₀	(N ₁) ₆₀ CORR	N ₆₀ CORR	Es (kPa)	Consistencia / Densidad Relativa
0,00				-	16,91	3,8	-	-	NO	-	-	-	-	-
1,00	0	0	1	1	16,91	20,7	0,75	-	NO	-	-	1	7875	Muy blando
2,00	0	1	0	1	16,91	37,6	0,75	-	NO	-	-	1	7875	Muy blando
3,00	0	0	1	1	16,91	54,5	0,75	-	NO	-	-	1	7875	Muy blando
4,00	2	4	7	11	18,04	71,5	0,75	-	NO	-	-	8	11625	Medio blando
5,00	-	-	-	-	17,19	89,5	-	-	NO	-	-	-	-	-
6,00	2	8	13	21	19,48	106,7	0,85	-	NO	-	-	18	16425	Muy compacto
7,00	6	7	12	19	19,51	126,2	0,95	-	NO	-	-	18	16525	Muy compacto
8,00	9	27	27	54	24,50	145,7	0,95	-	NO	-	-	51	39296	Extremadamente compacto
9,00	14	14	21	35	21,79	170,2	0,95	-	NO	-	-	33	25470	Extremadamente compacto
10,00	12	25	38	63	25,78	192,0	0,95	-	NO	-	-	60	45845	Extremadamente compacto
11,00	15	16	39	55	25,05	217,7	1,00	-	NO	-	-	55	42130	Extremadamente compacto
12,00	15	19	R	-	22,68	242,8	-	-	NO	-	-	-	-	-
13,00	10	24	33	57	25,35	265,5	1,00	-	NO	-	-	57	43662	Extremadamente compacto
14,00	20	28	R10	-	25,35	290,8	-	-	NO	-	-	-	-	-
15,00				-	25,35	316,2	-	-	NO	-	-	-	-	-

Tabla 22 Caracterización del suelo en perforación 4

Fuente: Autores

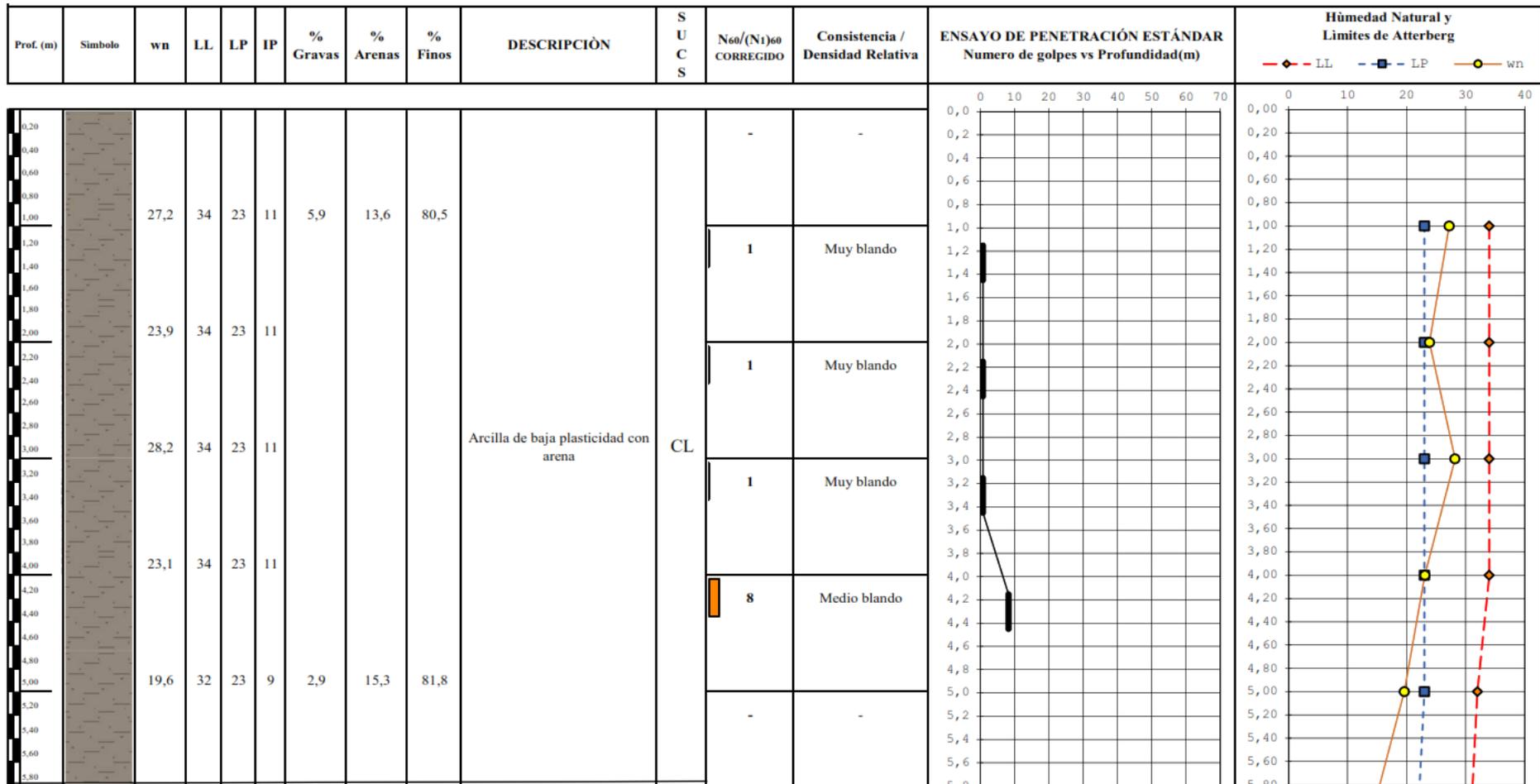


Gráfico 46 Perforación 4 (Parte 1): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico

Fuente: Autores

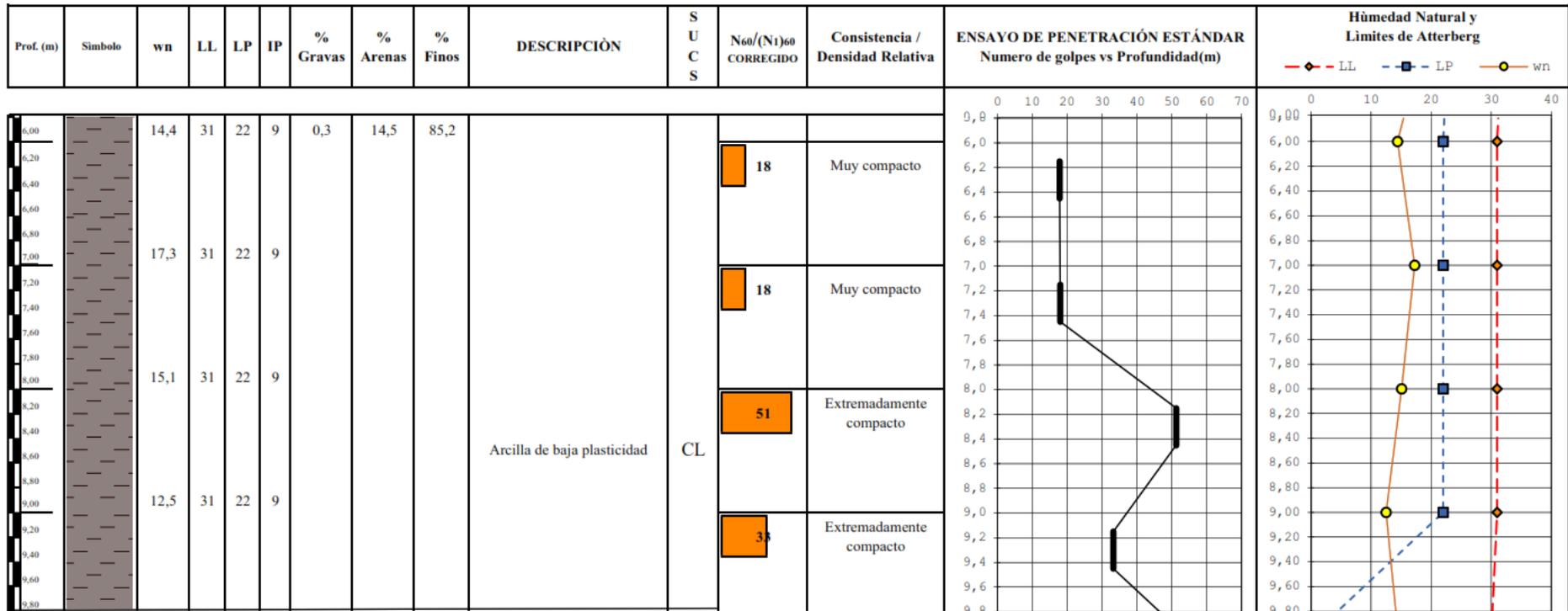
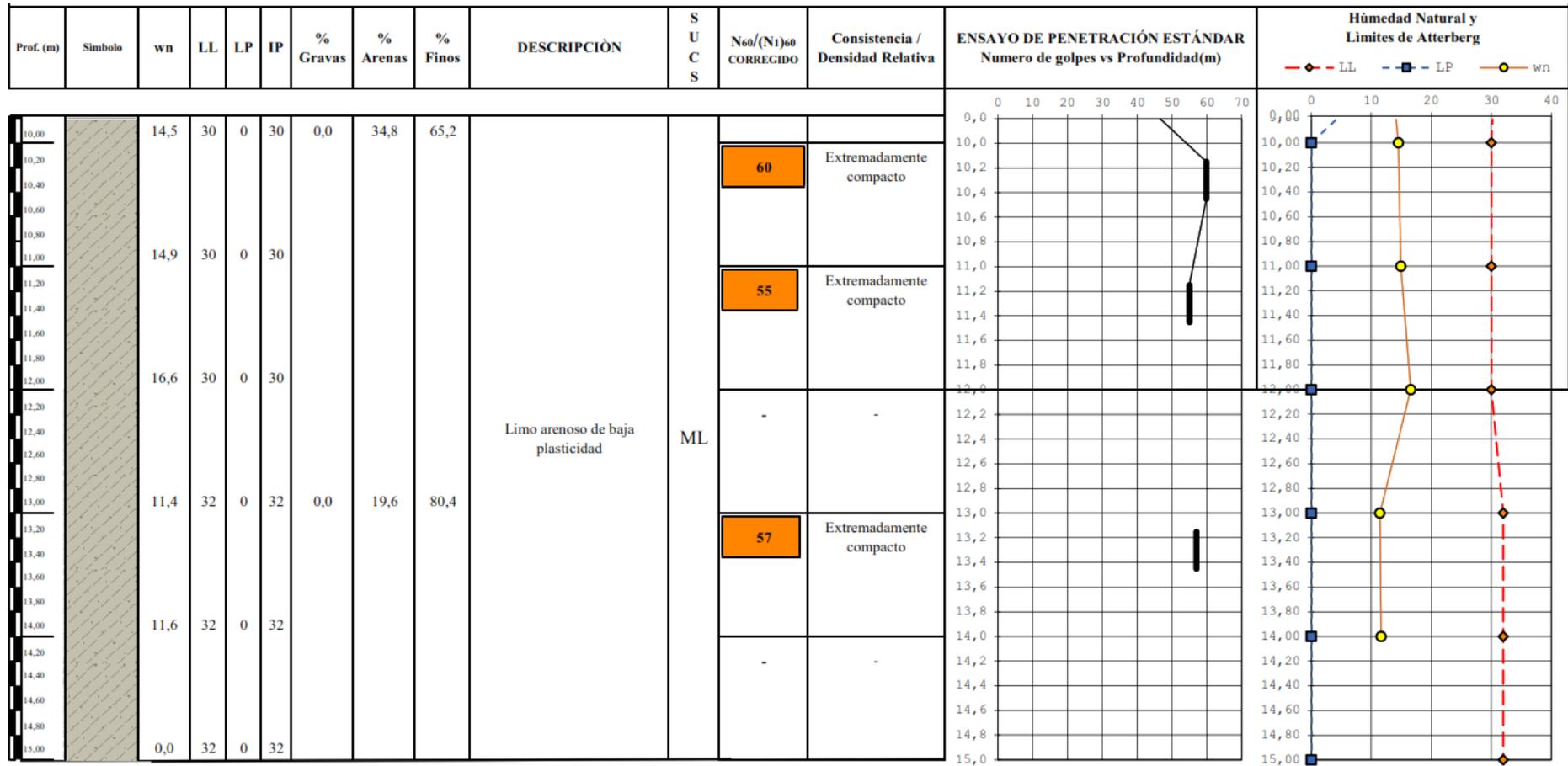


Gráfico 47 Perforación 4 (Parte 2): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico.

Fuente: Autores



OBSERVACIONES:

InGeotec

Gráfico 48 Perforación 4 (Parte 3): Registro de Sondaje y perfil estratigráfico

Fuente: Autores

4.3 Resultados sísmica de refracción

4.3.1 Detalle de líneas sísmicas

El trabajo de prospección sísmica en campo consistió en la elaboración de 4 perfiles sísmicos, dos líneas sísmicas continuas LS2 y LS3 en sentido paralelo al deslizamiento y otras dos líneas sísmicas transversales uno en la corona del deslizamiento LS1 y otro en la parte intermedia del deslizamiento LS4. Por motivo de seguridad tanto de personal y de equipos no se realizó en el pie del talud ya que las pendientes no permitían el acceso. Las líneas sísmicas LS1, LS2 y LS3 estaban conformadas por 24 geófonos y la línea sísmica LS4 está conformada por 12 geófonos, su separación esta detallada en la Tabla 23.

Lugar	Separación entre geófonos	Longitud de línea sísmica	Código del registro	Dirección de la línea de toma	Posición del disparador
Corona del deslizamiento Linea Sismica 1	3 metros	72 metros	TOMA1 Toma 1.1 Toma 1.2	N197°	Geófono 1Cent. Geófono 12 Izq. Geófono 12 Der.
Direccion paralela al deslizamiento Linea Sismica 2	4 metros	96 metros	TOMA2 Toma 2.1 Toma 2.2	N99°	Geófono 1Cent. Geófono 12 Izq. Geófono 12 Der.
Direccion paralela al deslizamiento Linea Sismica3	4 metros	96 metros	TOMA3 Toma 3.1 Toma 3.2	N39°	Geófono 1Cent. Geófono 12 Izq. Geófono 12 Der.
Parte intermedia del deslizamiento Linea Sismica 4	5 metros	60 metros	TOMA4 Toma 4.1 Toma 4.2	N132°	Geófono 1Cent. Geófono 12 Izq. Geófono 12 Der.

Tabla 23 Ubicación y longitudes de líneas sísmicas

Fuente: Autores

En las líneas sísmicas LS1, LS2 y LS3 la ubicación del disparador en este caso el martillo, se lo ubicó tanto en el centro de la línea como en los extremos, para las líneas sísmicas LS4 como solo se utilizaron 12 geófonos la ubicación del disparador se lo dispuso en los extremos de la línea y también en la parte central.

El equipo con el que se llevó a cabo el estudio de sísmica de refracción se presenta en el

Gráfico 49:



Gráfico 49 Terraloc Pro 2 system.
(Fuente: Manual Terraloc Pro 2).

El equipo Terraloc Pro 2 system es procesador digital multicanal de 12 a 48 canales de entrada, utiliza batería de 10-28 voltios, con geófonos verticales de 14 Hz el cual permite captar las primeras llegadas de las ondas P, la fuente de con la que se generó la energía del sismo fue un martillo de 20 lb.

4.3.2 Sismogramas

Para la obtención de los sismogramas presentados en los Gráfico 50 al Gráfico 61 se realizaron 3 golpes de martillos, 2 golpes de martillo cada uno ubicado en la parte extrema de la línea y 1 golpe de martillo en la parte central, cada golpe tenía una separación de 1 metro de distancia de los geófonos verticales que captan las ondas de compresión.

Línea Sísmica LS1 – Corona del deslizamiento

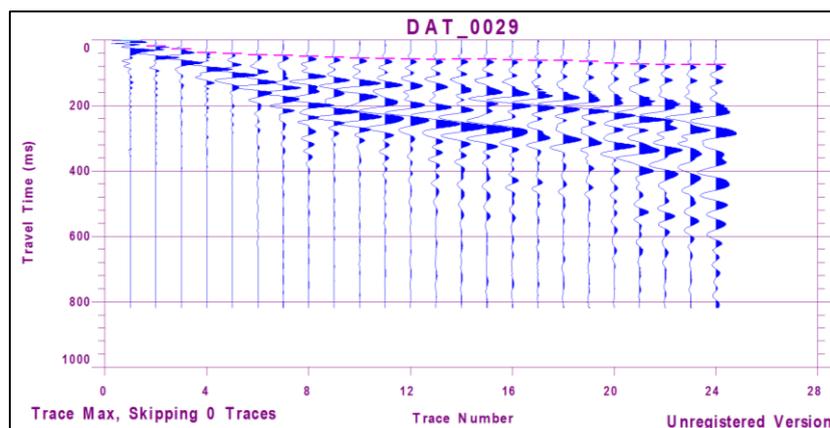


Gráfico 50 Sismograma de disparo directo LS1

(Fuente: software Terraloc Pro system)

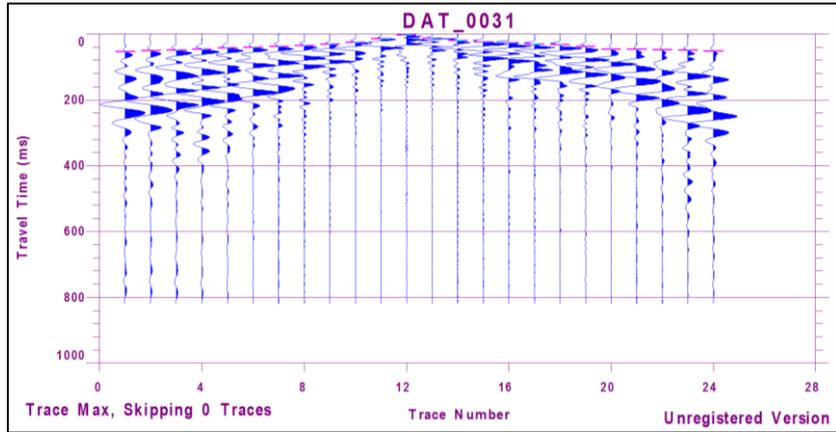


Gráfico 51 Sismograma de disparo central LS1.
(Fuente: software Terraloc Pro system)

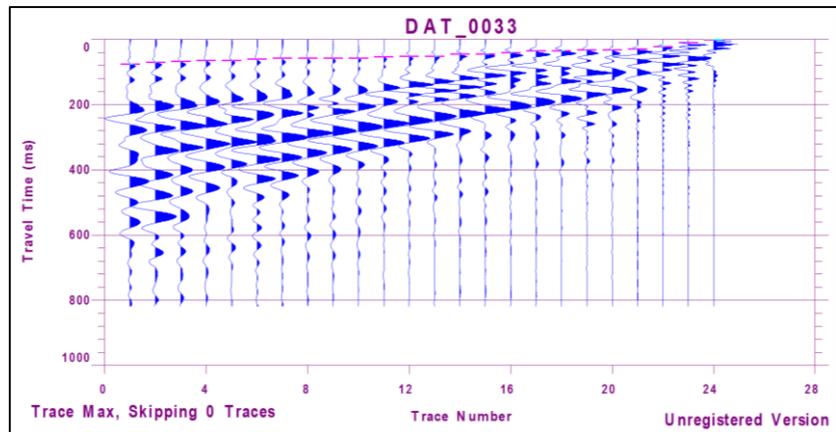


Gráfico 52 Sismograma de disparo inverso LS1.
(Fuente: software Terraloc Pro system)

Línea Sísmica LS2 – Dirección paralela al deslizamiento

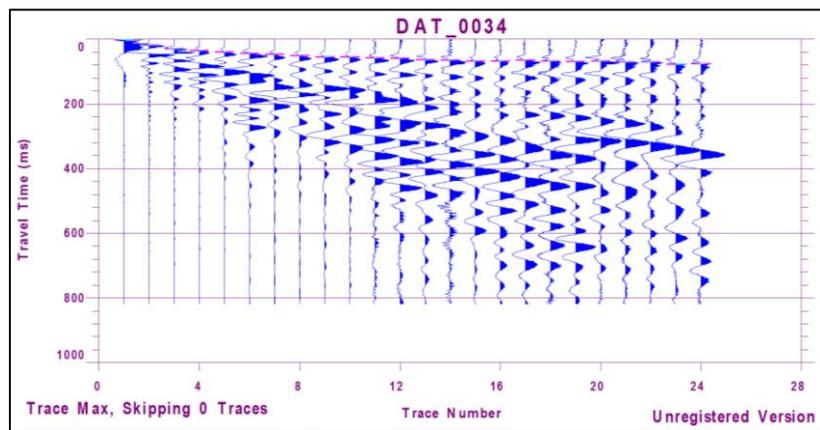


Gráfico 53 Sismograma de disparo directo LS2.
(Fuente: software Terraloc Pro system)

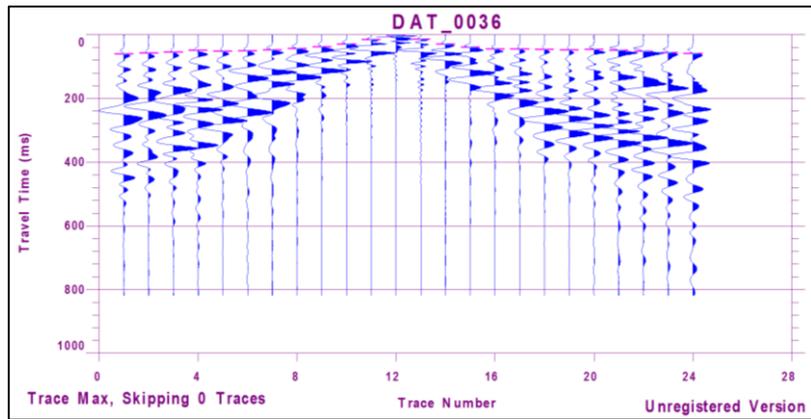


Gráfico 54 Sismograma de disparo central LS2.
(Fuente: software Terraloc Pro system)

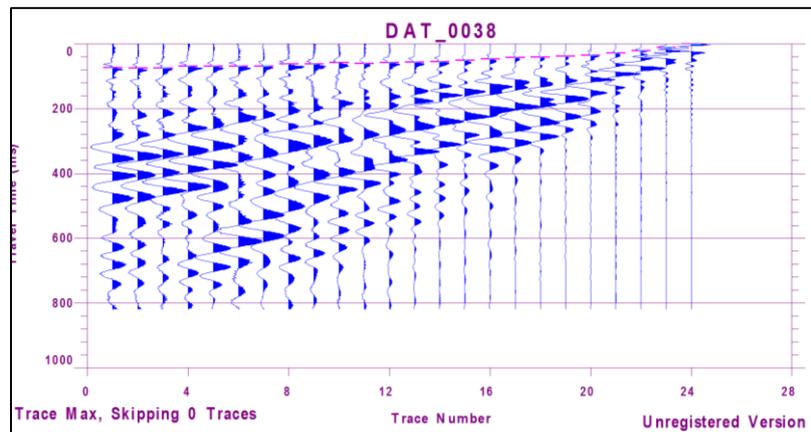


Gráfico 55 Sismograma de disparo inverso LS2
(Fuente: software Terraloc Pro system)

Línea Sísmica LS3 – Dirección paralela al deslizamiento

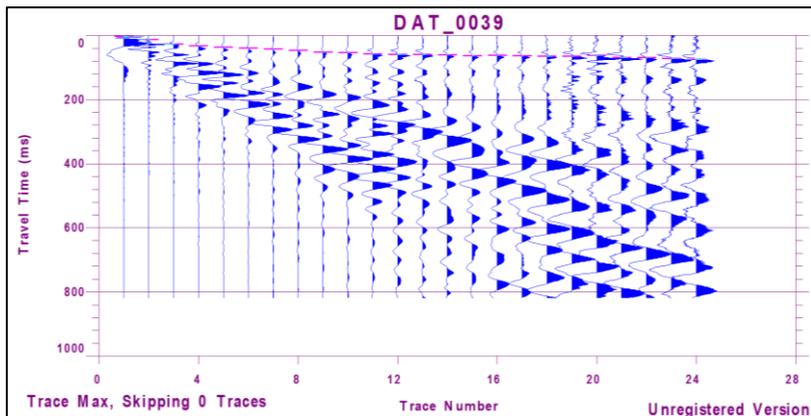


Gráfico 56 Sismograma de disparo directo LS3.
(Fuente: software Terraloc Pro system)

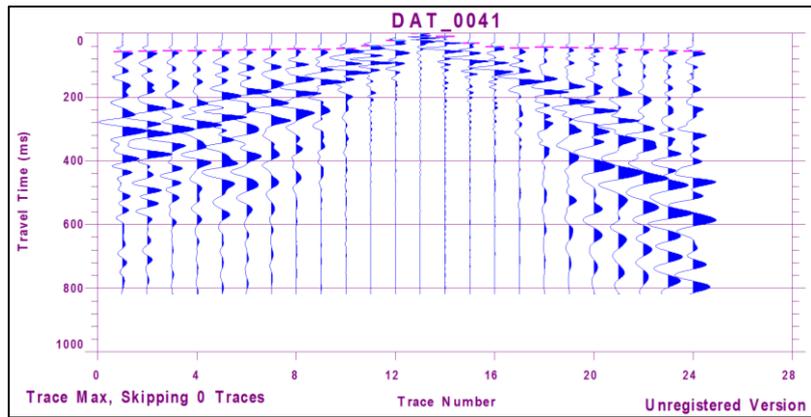


Gráfico 57 Sismograma de disparo central LS3.
(Fuente: software Terraloc Pro system)

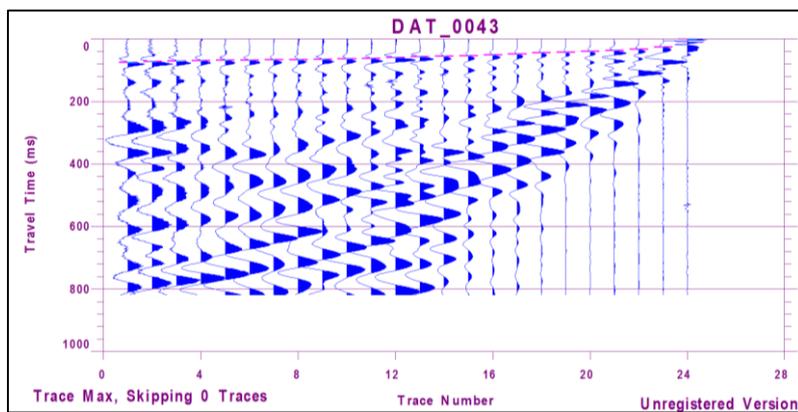


Gráfico 58 Sismograma de disparo inverso LS3.
(Fuente: software Terraloc Pro system)

Línea Sísmica LS4 – Parte intermedia del deslizamiento

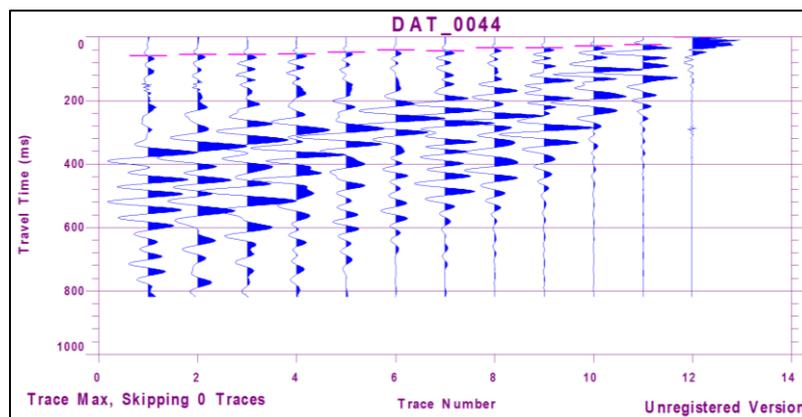


Gráfico 59 Sismograma de disparo directo LS4.
(Fuente: software Terraloc Pro system)

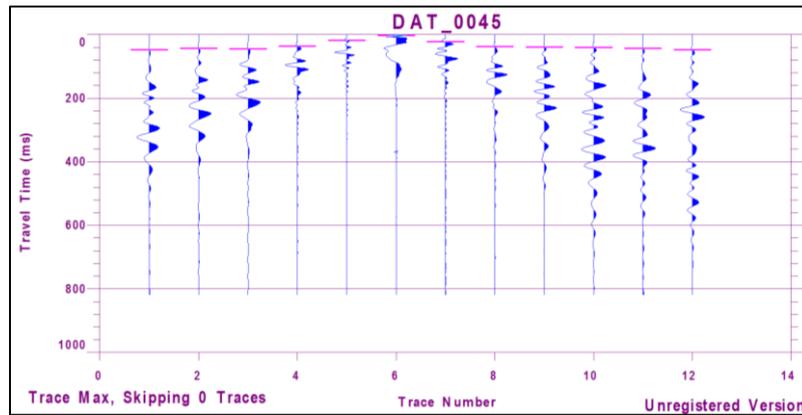


Gráfico 60 Sismograma de disparo central LS4.
(Fuente: software Terraloc Pro system)

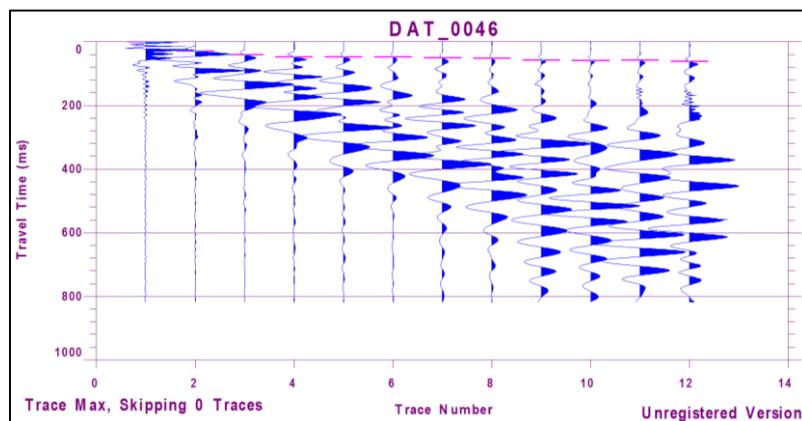


Gráfico 61 Sismograma de disparo inverso LS4.
(Fuente: software Terraloc Pro system)

4.3.3 Resultados de investigaciones sísmicas

A través de los parámetros sísmicos de refracción interpretados, se relacionan en última instancia con los datos del mapa geológico y la geología conocida u observada en el sitio. Para cada velocidad o rango de velocidades obtenido, con base en la experiencia de la geofísica y el conocimiento geológico local, se puede establecer una relación correspondiente con el material del subsuelo, sabiendo que este material puede modificarse a medida que se obtiene más información o se explora directamente. En este caso de estudio y después de realizar las relaciones con distintos datos de campo se han interpretado la existencia de dos estratos con gran variación en sus velocidades V_p .

4.3.4 Domocrona – Perfil estratigráfico obtenido

Una vez obtenidos los tiempos de recepción de onda en los perfiles sísmico, se procedió a obtener las domocromas de cada línea sísmica con la ayuda del software del equipo Terraloc Pro 2 system.

Una vez generado las domocromas y realizado los debidos ajustes de altura y ruido, se obtuvo los perfiles estratigráficos de cada una de las líneas sísmicas con el detalle de las velocidades de ondas primarias o de compresión de cada estrato.

4.3.5 Ondas Primarias o de compresión (P)

Llamadas también ondas longitudinales, estas ondas son registradas primero a cualquier distancia con respecto al generador de fuente sísmica. Estas al propagarse generan dilatación y compresión en las partículas. (López et al., 2008).

4.3.6 Descripción de línea sísmica LS1:

En el Gráfico 62 y Tabla 24 se presentan las domocromas y velocidades respectivamente de la línea sísmica ubicada en la corona del deslizamiento, con una longitud de 72 metros con 24 geófonos separados cada 3 metros, generación de fuerza mediante tres golpes con martillo, uno en la parte central y uno en cada extremo.

Línea sísmica LS1

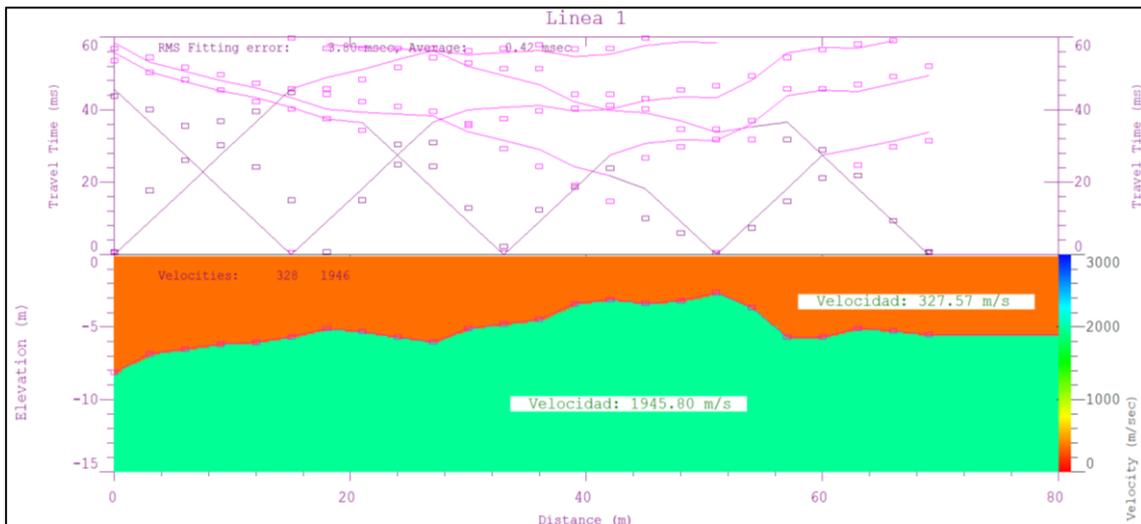


Gráfico 62 Domocroma-Perfil estratigráfico LS1.

Fuente: software Terraloc Pro system.

Lugar	Estrato	Velocidad Sísmica Ondas P (m/s)	Espesor (m)
Corona del deslizamiento Línea Sísmica 1	1	327.57	3m a 8m
	2	1945.8	>3m

Tabla 24 Velocidades obtenida por estrato LS1.

4.3.7 Descripción de línea sísmica LS2:

En el Gráfico 63 y Tabla 24 se puede observar las domocromas y velocidades respectivamente de la línea sísmica ubicada en dirección paralela al deslizamiento, con una longitud de 96 metros con 24 geófonos separados cada 4 metros, generación de fuerza sísmica mediante tres golpes con martillo, uno en la parte central y uno en cada extremo.

Línea sísmica LS2

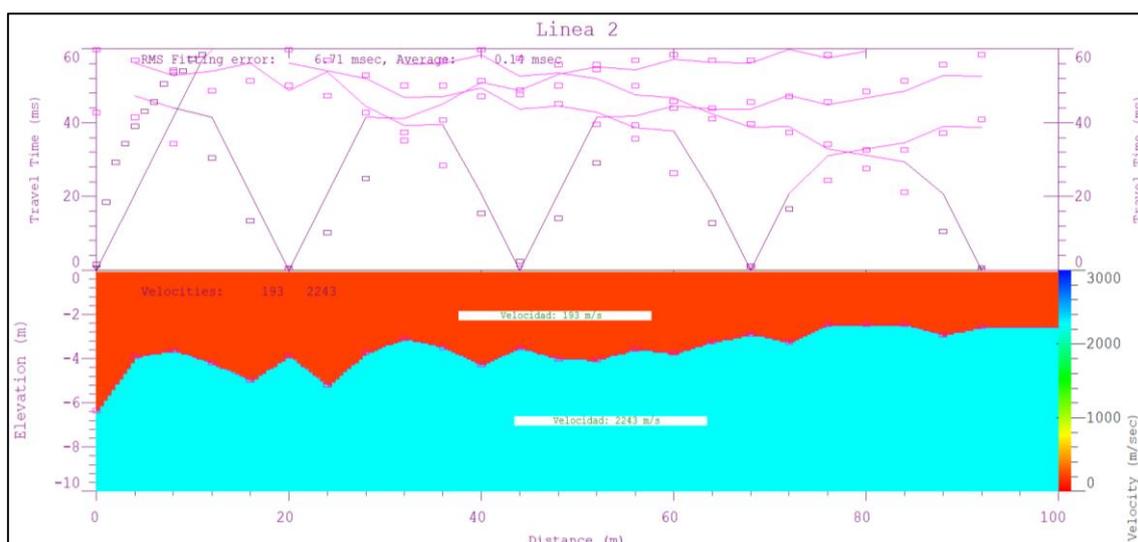


Gráfico 63 Domocroma-Perfil estratigráfico LS2

Fuente: software Terraloc Pro system.

Lugar	Estrato	Velocidad Sísmica Ondas P (m/s)	Espesor (m)
Dirección paralela al deslizamiento Línea Sísmica 2	1	193	3m a 6m
	2	2243	>3m

Tabla 25 Velocidades obtenida por estrato LS2

Fuente: Autores

4.3.8 Descripción de línea sísmica LS 3:

En el Gráfico 64 y Tabla 26 se presenta las domocromas y velocidades respectivamente de la línea sísmica ubicada en dirección paralela al deslizamiento continuación de LS2, con una longitud de 96 metros con 24 geófonos separados cada 4 metros, generación de

fuerza sísmica mediante tres golpes con martillo, uno en la parte central y uno en cada extremo.

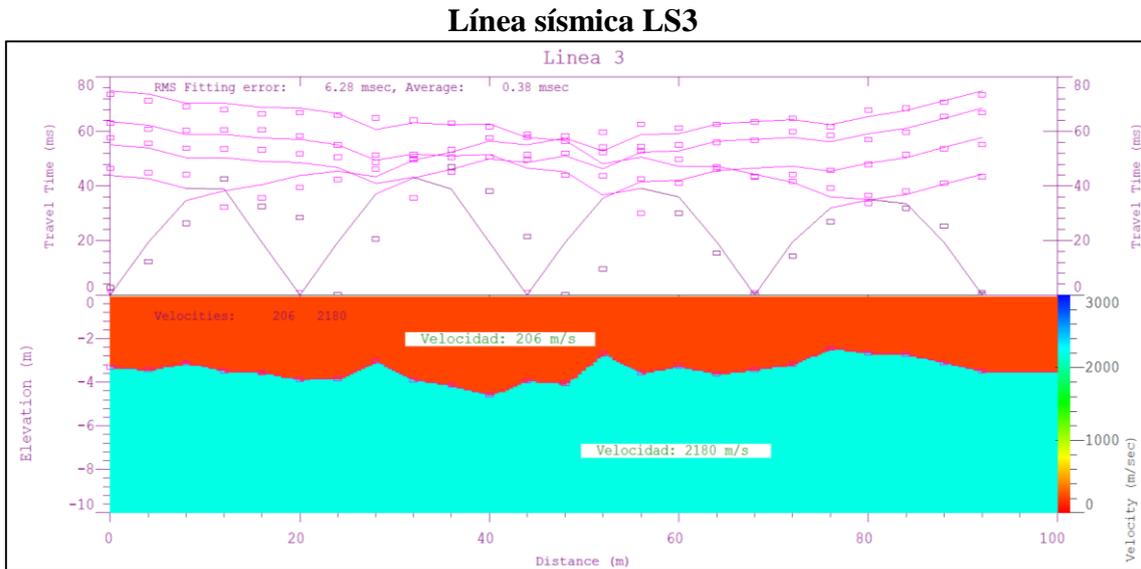


Gráfico 64 Domocroma-Perfil estratigráfico LS 3.

Fuente: software Terraloc Pro system.

Lugar	Estrato	Velocidad Sísmica Ondas P (m/s)	Espesor (m)
Direccion paralela al deslizamiento Linea Sismica 3	1	206	3m a 4m
	2	2180	3m

Tabla 26 Velocidades obtenida por estrato LS3.

Fuente: Autores

4.3.9 Descripción de línea sísmica LS 4:

En el Gráfico 65 y Tabla 27 se dan las domocromas y velocidades respectivamente de la línea sísmica ubicada en parte intermedia del deslizamiento (finalización de la LS3) en sentido transversal, con una longitud de 60 metros con 12 geófonos separados cada 5 metros, generación de fuerza sísmica mediante tres golpes con martillo, uno en la parte central y uno en cada extremo.

Línea sísmica LS4

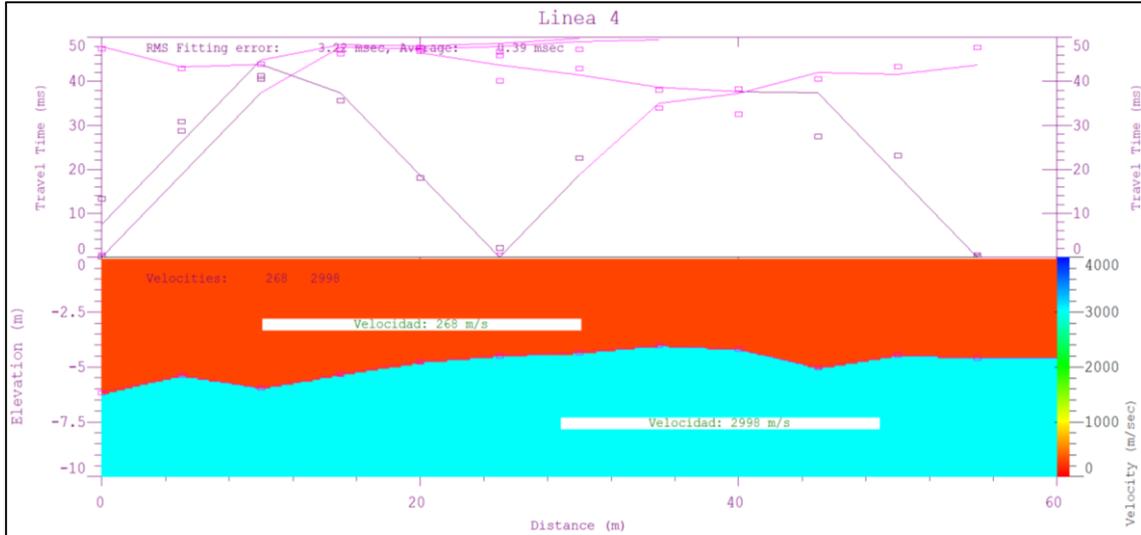


Gráfico 65 Domocroma-Perfil estratigráfico LS 4.

Fuente: software Terraloc Pro system.

Lugar	Estrato	Velocidad Sísmica Ondas P (m/s)	Espesor (m)
Parte intermedia del deslizamiento Linea Sismica 4	1	268	4m a 6m
	2	2998	>4m

Tabla 27 Velocidades obtenida por estrato LS4.

Fuente: Autores

4.3.10 Cálculo de parámetros geotécnicos a partir de sísmica de refracción.

Una vez obtenida la velocidad sísmica primarias V_p se procede a correlacionar para determinar las ondas sísmicas V_s y los diferentes parámetros de elasticidad:

Velocidad de ondas S (V_s): para el cálculo de la velocidad de las ondas S se utiliza la metodología establecida por Goriainov N.N donde:

- Para velocidades primarias V_p que oscilan entre 0 – 999.0 m/s,

$$\frac{V_p}{V_s} = 1.43$$

- Para velocidades primarias V_p que oscilan entre 1000.0 – 1999.0 m/s,

$$\frac{V_p}{V_s} = 1.55$$

- Para velocidades primarias V_p que oscilan entre 2000.0 – 2999.0 m/s,

$$\frac{V_p}{V_s} = 1.65$$

- Para velocidades primarias V_p que oscilan entre 3000.0 – 3999.0 m/s,

$$\frac{V_p}{V_s} = 1.73$$

- Para velocidades primarias $V_p > 4000.0$ m/s,

$$\frac{V_p}{V_s} = 1.93$$

Una vez conocido los valores de las velocidades de onda primarias y secundarias se puede proceder con el cálculo de los coeficientes dinámicos y estáticos de suelos y rocas. Constantes elásticas a partir de las velocidades de propagación de las ondas sísmicas:

Módulo de Young;

$$E = 2 * G (1 + \eta) \quad ; \quad \left(\frac{Kg}{cm^2}\right)$$

Módulo de Corte;

$$G = p * V_s^2 \quad ; \quad \left(\frac{Kg}{cm^2}\right)$$

Coefficiente de Poisson;

$$\eta = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2 * \left(\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2\right)} \quad ; \quad \text{adimensional}$$

Módulo volumétrico /Bulk;

$$K = \frac{E}{3 * (1 - 2\eta)} \quad ; \quad \left(\frac{Kg}{cm^2}\right)$$

Correlación refiriéndose a ensayos SPT (Ucrania, I. G. Mindel);

$$N = 0,0284 * V_p - 7,6$$

Para el cálculo de la densidad se debe aplicar la relación desarrollada por Keçelli, 2009.

$$p = 1.516 * 10^{-2} * \sqrt{V_p} + 1.597$$

Donde;

$$p = \text{Densidad} \left(\frac{gr}{cm^3}\right)$$

$$V_s = \text{m/s}$$

A continuación en la Tabla 28 y Tabla 29, se dan los resultados de las propiedades dinámicas de los estratos donde se realizaron las líneas sísmicas.

Corona del deslizamiento o Línea Sísmica 1	Estrato	Velocidad Sísmica Ondas P (m/s)	Velocidad Sísmica Ondas S (m/s)	Kececi 2009 Densidad (gr/cm ³)	Metodo Ruso Desnsidad (gr/cm ³)	Modulo de Poisson	E (Kg/cm ²)	G (kg/cm ²)	K (kg/cm ²)
Corona del deslizamiento o Línea Sísmica 1	1	327.57	229.07	1.71	1.87	0.02	2007.74	982.76	699.30
	2	1945.80	1255.35	2.62	2.27	0.14	81724.41	35734.52	38206.16
Dirección paralela al deslizamiento o Línea Sísmica 2	1	193.00	134.97	1.50	1.81	0.02	673.22	329.53	234.48
	2	2243.00	1359.39	2.67	2.31	0.21	103586.30	42814.01	59475.80
Dirección paralela al deslizamiento o Línea Sísmica 3	1	206.00	144.06	1.52	1.81	0.02	769.93	376.87	268.17
	2	2180.00	1321.21	2.65	2.30	0.21	97419.86	40265.32	55935.23
Parte intermedia del deslizamiento o Línea Sísmica 4	1	268.00	187.41	1.63	1.85	0.02	1325.09	648.61	461.53
	2	2998.00	1816.97	2.87	2.43	0.21	194017.87	80190.95	111398.59

Tabla 28 Valores de parámetros de elasticidad del suelo.

Fuente: Autores

Corona del deslizamiento o Línea Sísmica 1	Estrato	Velocidad Sísmica Ondas P (m/s)	Velocidad Sísmica Ondas S (m/s)	I.G. Mindel Loess de Ucrania N	Meyerhoff qa kg/cm ²	Peck, Hanson & Thornburn qa kg/cm ²	Peck (grados) Ø	Suelos saprolíticos de los Urales (grados) Ø	Limos de loess del sur de Ucrania (I. G Mindel) c kg/cm ²	Arcilla de Prikan c kg/cm ²	Cualquier suelo limoso con humedad natural c kg/cm ²
Corona del deslizamiento o Línea Sísmica 1	1	327.57	229.07	0.00	0.00	0.00	27.10	32.60	0.39	0.00	0.29
	2	1945.80	1255.35	47.66	4.77	6.34	40.17	31.44	17.07	17.60	13.49
Dirección paralela al deslizamiento o Línea Sísmica 2	1	193.00	134.97	0.00	0.00	0.00	27.10	32.60	0.08	0.00	0.04
	2	2243.00	1359.39	56.10	5.61	7.46	42.23	30.48	20.47	21.22	16.18
Dirección paralela al deslizamiento o Línea Sísmica 3	1	206.00	144.06	0.00	0.00	0.00	27.10	32.60	0.10	0.00	0.06
	2	2180.00	1321.21	54.31	5.43	7.22	41.80	30.48	19.25	19.92	15.21
Parte intermedia del deslizamiento o Línea Sísmica 4	1	268.00	187.41	0.00	0.00	0.00	27.10	32.60	0.23	0.00	0.16
	2	2998.00	1816.97	77.54	7.75	10.31	47.12	30.48	38.41	40.32	30.39

Tabla 29 Valores de parámetros de elasticidad del suelo.

Fuente: Autores

4.4 Resultados sondeos eléctricos verticales

4.4.1 Procedimiento

Se llevó a cabo una campaña de 5 líneas de sondeos eléctricos verticales en toda el área de estudio, dos líneas en dirección del deslizamiento y tres líneas en forma perpendicular a la dirección del deslizamiento.

Las mediciones se las realizó con el equipo del ABEM Terrameter SAS 1000 que pertenece al departamento del CIPAT de la Escuela Politécnica del Litoral. Los resultados obtenidos fueron procesados por el software de libre licencia Ipi2 win que dio los siguientes perfiles de resistividad.

Datos obtenidos del ensayo

En la Tabla 30 se detallan los resultados obtenidos en el sondeo eléctrico vertical 1, se puede observar en el Gráfico 66 que a una profundidad de 6.21 metros la resistividad baja a $2.97 \Omega \cdot m$, lo que indica la existencia de presencia de agua.

Sondeo eléctrico vertical 1

CÓDIGO:	SEV-01-Cuenca	CROQUIS
FECHA:	20/03/2021	N40°
OPERADOR:	CIPAT	Cabecera del deslizamiento
COORDENADAS X:	731074	Parroquia Santa Ana
COORDENADAS Y:	9674685	
COORDENADAS Z:	2684	

Estación	Abertura	Abertura	Constante	Resistencia	Resistividad
Punto	AB/2	MN/2	K	(m ohm)	(ohm m)
1	1	0.2	7.54	1,400.30	10.56
2	1.47	0.2	16.66	721.9	12.03
3	2.15	0.2	35.99	385.94	13.89
4	3.16	0.2	78.11	154.53	12.07
5	4.64	0.2	168.78	71.35	12.04
6	4.64	0.5	66.85	165.94	11.09
7	6.81	0.2	363.92	31.15	11.34
8	6.81	0.5	144.91	72.99	10.58
9	10	0.5	313.37	25.33	7.94
10	14.7	0.5	678.08	11.27	7.64
11	14.7	2	166.58	61.81	10.30
12	21.5	0.5	1451.42	8.69	12.61
13	21.5	2	359.91	31.99	11.51
14	31.6	2	781.13	15.23	11.90

Tabla 30 Valores de resistividad obtenidos en campo SEV 1.

Fuente: Autores

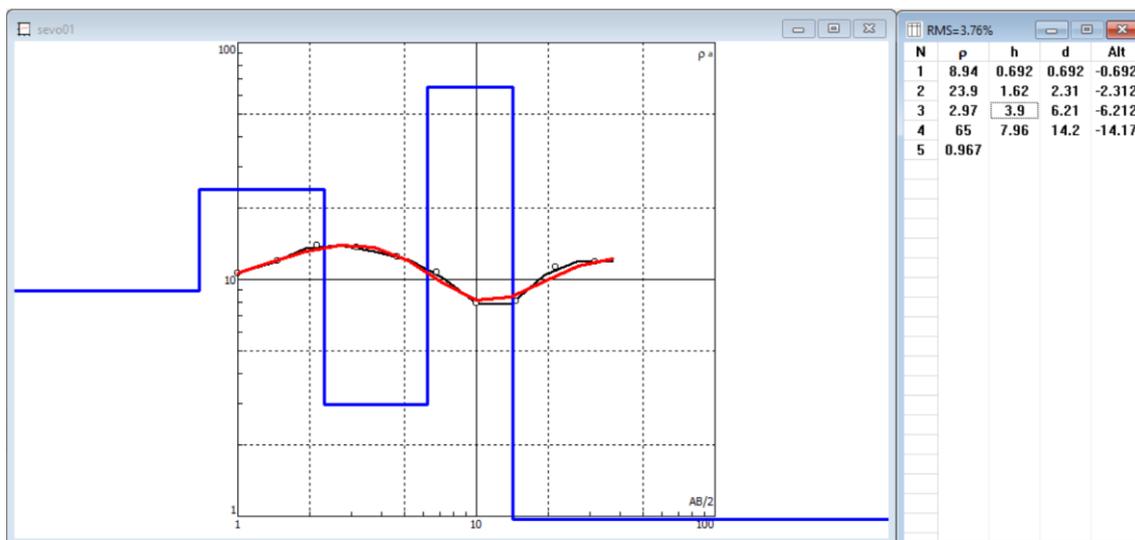


Gráfico 66 Curvas del sondeo eléctrico vertical a lo largo del perfil 1..

Fuente: software IPI2win.

En la Tabla 31 se detallan los resultados obtenidos en el sondeo eléctrico vertical 2, se observa en el Gráfico 67 que a una profundidad de 5.77 metros, la resistividad baja a 7.36 Ω . m, lo que indica que presencia de agua a esta profundidad va disminuyendo.

Sondeo eléctrico vertical 2

CÓDIGO:	SEV-02-Cuenca	CROQUIS N110° En la línea del deslizamiento Parroquia Santa Ana
FECHA:	20/03/2021	
OPERADOR:	CIPAT	
COORDENADAS X:	731191	
COORDENADAS Y:	9674644	
COORDENADAS Z:	2677	

Estación	Abertura	Abertura	Constante	Resistencia	Resistividad (ohm m)
Punto	AB/2	MN/2	K	(m ohm)	
1	1	0.2	7.54	1,282.60	9.67
2	1.47	0.2	16.66	640.53	10.67
3	2.15	0.2	35.99	304.44	10.96
4	3.16	0.2	78.11	144.29	11.27
5	4.64	0.2	168.78	67.978	11.47
6	4.64	0.5	66.85	181.73	12.15
7	6.81	0.2	363.92	30.606	11.14
8	6.81	0.5	144.91	81.258	11.78
9	10	0.5	313.37	36.244	11.36
10	14.7	0.5	678.08	17.092	11.59
11	14.7	2	166.58	67.623	11.26

12	21.5	0.5	1451.42	9.247	13.42
13	21.5	2	359.91	33.135	11.93
14	31.6	2	781.13	15.153	11.84
15	46.4	2	1687.79	7.371	12.44
16	46.4	5	668.52	17.21	11.51
17	68.1	2	3639.24	3.024	11.01
18	68.1	5	1449.1	7.459	10.81

Tabla 31 Valores de resistividad obtenidos en campo SEV 2.

Fuente: Propia

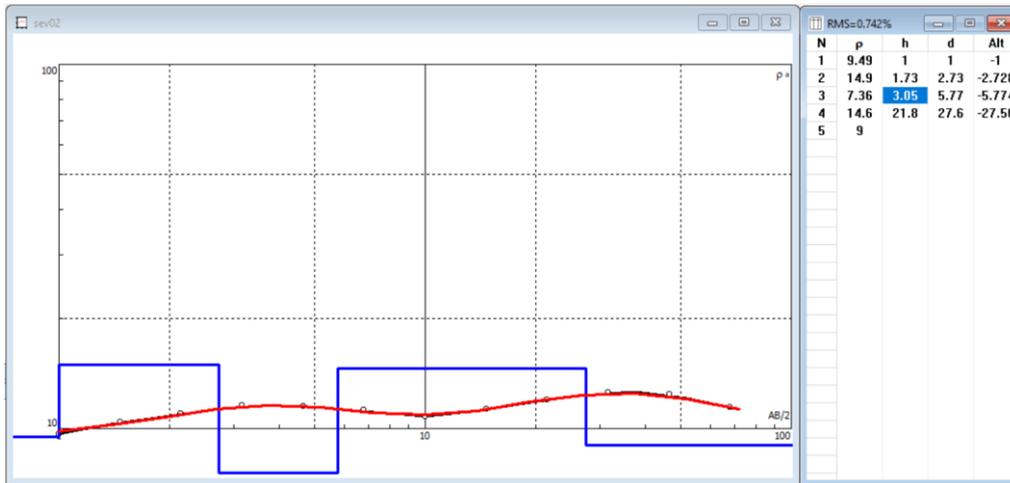


Gráfico 67 Curvas del sondeo eléctrico vertical a lo largo del perfil 2..

Fuente: software IPI2win.

En la Tabla 32 se detallan los resultados obtenidos en el sondeo eléctrico vertical 3, se puede observar en el Gráfico 68 que a una profundidad de 5.86 metros la resistividad baja a 8.43 Ω . m, lo que indica que presencia de agua a esta profundidad igual que el Sev 2 se mantiene a lo largo de la dirección del deslizamiento .

Sondeo eléctrico vertical 3

CÓDIGO:	SEV-03-Cuenca	CROQUIS
FECHA:	21/03/2021	N286°
OPERADOR:	CIPAT	Lateral izquierdo, paralelo al deslizamiento
COORDENADAS X:	731250	Parroquia Santa Ana
COORDENADAS Y:	9674660	
COORDENADAS Z:	2665	

Estación	Abertura	Abertura	Constante	Resistencia (m ohm)	Resistividad (ohm m)
Punto	AB/2	MN/2	K		
1	1	0.2	7.54	1,433.80	10.81
2	1.47	0.2	16.66	683.51	11.39
3	2.15	0.2	35.99	315.06	11.34
4	3.16	0.2	78.11	151.25	11.81

5	4.64	0.2	168.78	70.11	11.83
6	4.64	0.5	66.85	173.89	11.62
7	6.81	0.2	363.92	32.29	11.75
8	6.81	0.5	144.91	79.39	11.50
9	10	0.5	313.37	37.12	11.63
10	14.7	0.5	678.08	17.68	11.99
11	14.7	2	166.58	72.06	12.00
12	21.5	0.5	1451.42	8.52	12.37
13	21.5	2	359.91	34.09	12.27
14	31.6	2	781.13	15.44	12.06
15	46.4	2	1687.79	6.56	11.07
16	46.4	5	668.52	16.22	10.84

Tabla 32 Valores de resistividad obtenidos en campo SEV 3.

Fuente: Autores

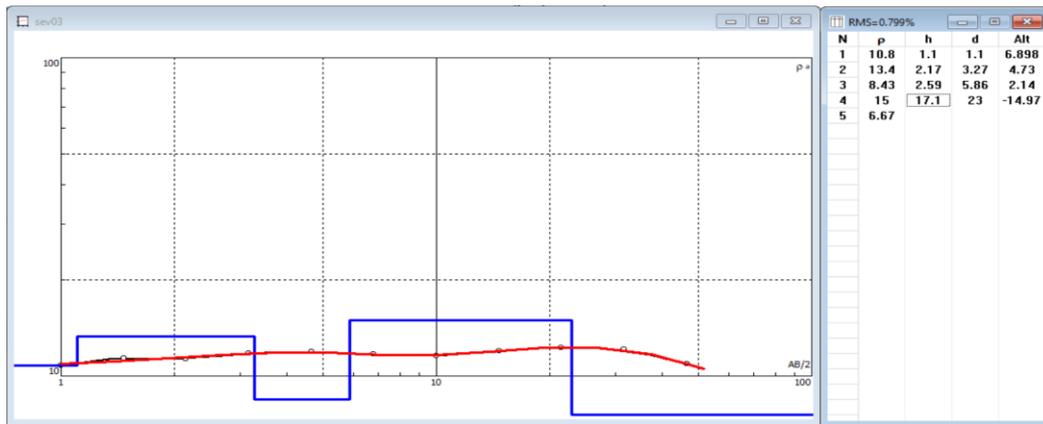


Gráfico 68 Curvas del sondeo eléctrico vertical a lo largo del perfil 3.

Fuente: software IPI2win.

En la Tabla 33 se detallan los resultados obtenidos en el sondeo eléctrico vertical 4, se puede observar en el Gráfico 69 que a una profundidad de 5.48 metros la resistividad baja a 10.2 Ω . m, la resistividad en esta zona va en aumento por lo que se puede decir que la presencia de agua va desapareciendo en dirección del deslizamiento.

Sondeo eléctrico vertical 4

CÓDIGO:	SEV-04-Cuenca	CROQUIS N76° Final del deslizamiento Parroquia Santa Ana
FECHA:	20/03/2021	
OPERADOR:	CIPAT	
COORDENADAS X:	731279	
COORDENADAS Y:	9674626	
COORDENADAS Z:	2615	

Estación	Abertura	Abertura	Constante	Resistencia (m ohm)	Resistividad (ohm m)
Punto	AB/2	MN/2	K		
1	1	0.2	7.54	1,402.30	10.57

2	1.47	0.2	16.66	711.38	11.85
3	2.15	0.2	35.99	343.03	12.35
4	3.16	0.2	78.11	162.46	12.69
5	4.64	0.2	168.78	76.62	12.93
6	4.64	0.5	66.85	191.44	12.80
7	6.81	0.2	363.92	34.38	12.51
8	6.81	0.5	144.91	85.13	12.34
9	10	0.5	313.37	42.62	13.36
10	14.7	0.5	678.08	20.97	14.22
11	14.7	2	166.58	82.56	13.75
12	21.5	0.5	1451.42	9.91	14.38
13	21.5	2	359.91	39.13	14.08
14	31.6	2	781.13	19.37	15.13
15	46.4	2	1687.79	8.89	15.00
16	46.4	5	668.52	21.58	14.43

Tabla 33 Valores de resistividad obtenidos en campo SEV 4.

Fuente: Autores

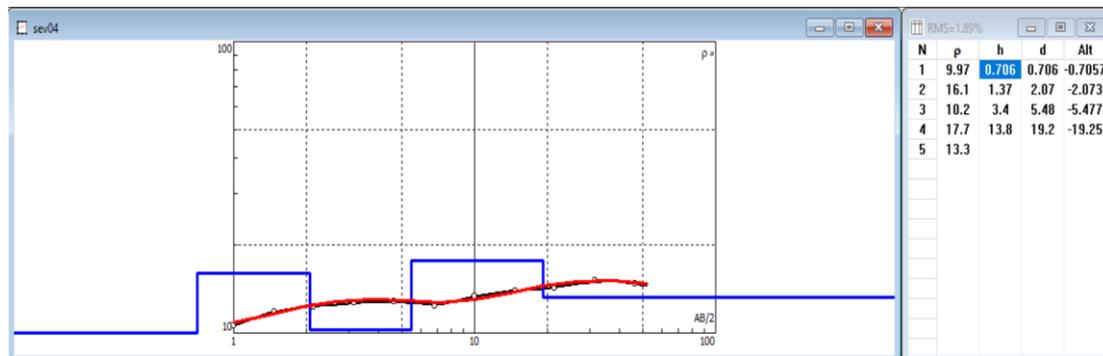


Gráfico 69 Curvas del sondeo eléctrico vertical a lo largo del perfil 4.

Fuente: software IPI2win.

En la Tabla 34 se detallan los resultados obtenidos en el sondeo eléctrico vertical 5, se puede observar en el Gráfico 70 que a mayor profundidad la resistividad va en aumento, se puede decir que la presencia de agua va desapareciendo.

Sondeo eléctrico vertical 5

CÓDIGO:	SEV-05-Cuenca	CROQUIS N68° Pie del talud Parroquia Santa Ana
FECHA:	21/03/2021	
OPERADOR:	CIPAT	
COORDENADAS X:	731323	
COORDENADAS Y:	9674570	
COORDENADAS Z:	2621	

Estación	Abertura	Abertura	Constante	Resistencia (m ohm)	Resistividad (ohm m)
Punto	AB/2	MN/2	K		
1	1	0.2	7.54	1,143.30	8.62
2	1.47	0.2	16.66	518.58	8.64
3	2.15	0.2	35.99	254.95	9.18
4	3.16	0.2	78.11	121.58	9.50
5	4.64	0.2	168.78	60.38	10.19
6	4.64	0.5	66.85	161.63	10.80
7	6.81	0.2	363.92	29.33	10.67
8	6.81	0.5	144.91	78.29	11.35
9	10	0.5	313.37	37.56	11.77
10	14.7	0.5	678.08	18.17	12.32
11	14.7	2	166.58	69.44	11.57
12	21.5	0.5	1451.42	9.04	13.12
13	21.5	2	359.91	34.67	12.48
14	31.6	2	781.13	16.42	12.83
15	46.4	2	1687.79	7.79	13.15
16	46.4	5	668.52	19.03	12.72

Tabla 34 Valores de resistividad obtenidos en campo SEV 5.

Fuente: Autores

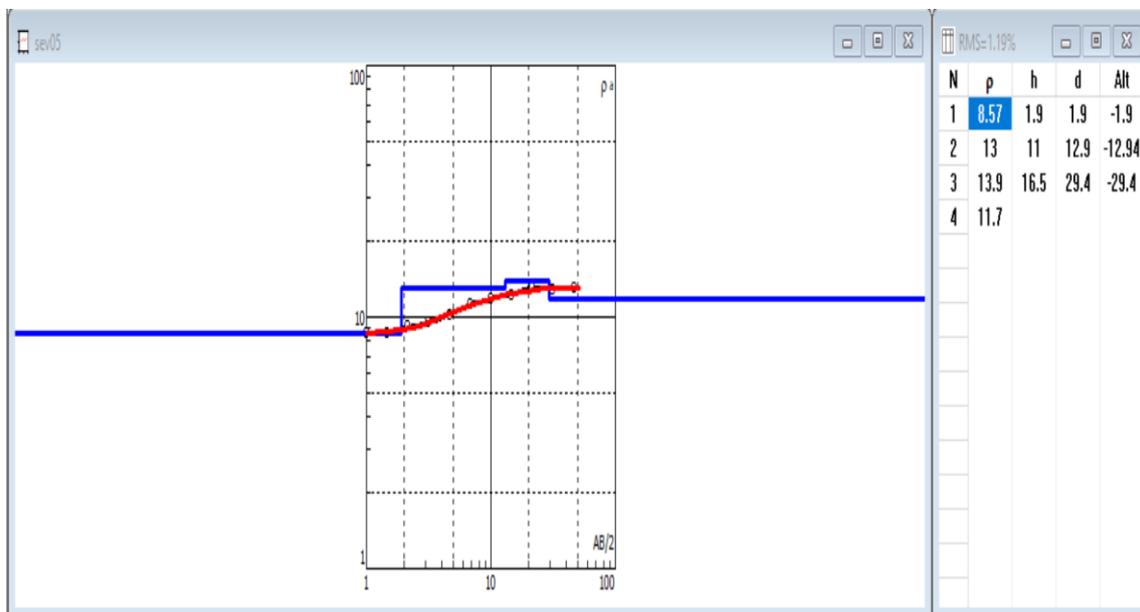


Gráfico 70 Curvas del sondeo eléctrico vertical a lo largo del perfil 5.

Fuente: software IPI2win.

En el Gráfico 71 se puede observar que se realizó una combinación de secciones de los sondeos eléctricos verticales Sev 1, Sev 4 y Sev 5 que son perpendiculares al

deslizamiento, verificando la existencia de un estrato donde la resistividad en la línea del Sev 1 es baja, por lo que se asume la presencia de agua en esta sección, mientras que en las líneas Sev 4 y Sev 5 la resistividad aumenta a mayor profundidad por lo que se asume la existencia de un estrato más competente.

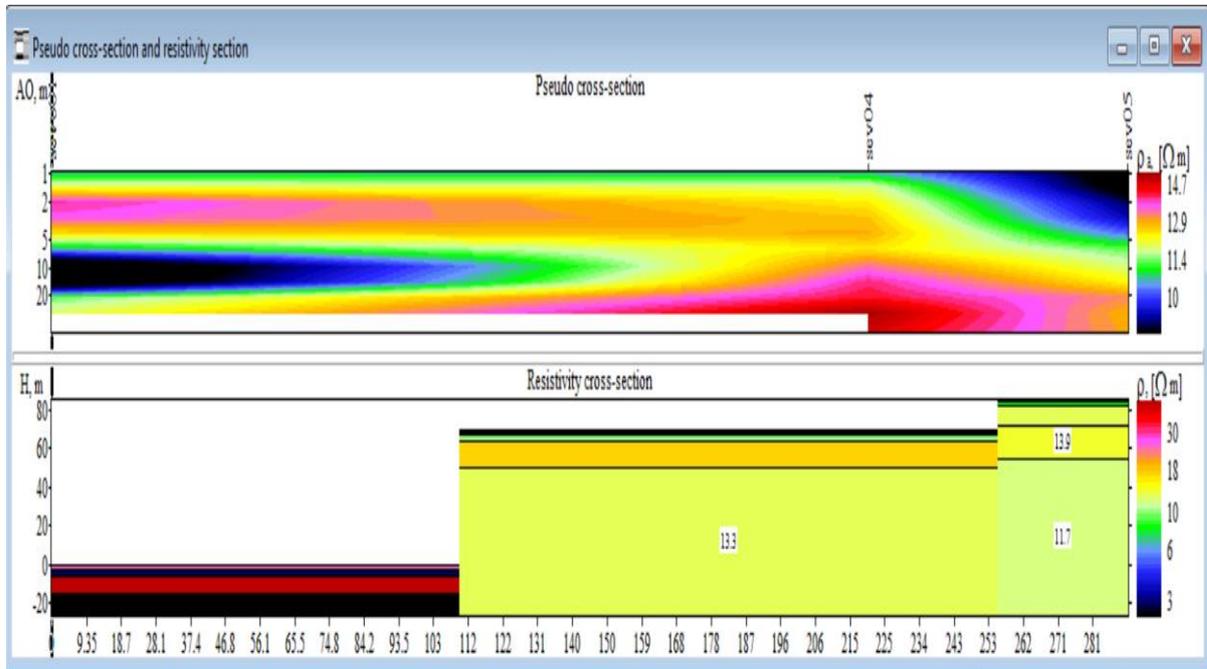


Gráfico 71 Secciones de resistividad Sev 1, Sev 4 y Sev 5.

Fuente: software IPI2win.

En el Gráfico 72 se realizó la sección de los Sev 2 y Sev 3 que son paralelas al deslizamiento del talud en estas secciones se puede verificar de izquierda a derecha que la resistividad del suelo a una profundidad va aumentando por lo que se asume que la presencia de agua desaparece en dirección al pie del talud, mientras que en el lado derecho de las secciones se puede observar que la resistividad del suelo aumenta mientras va aumentando la profundidad.

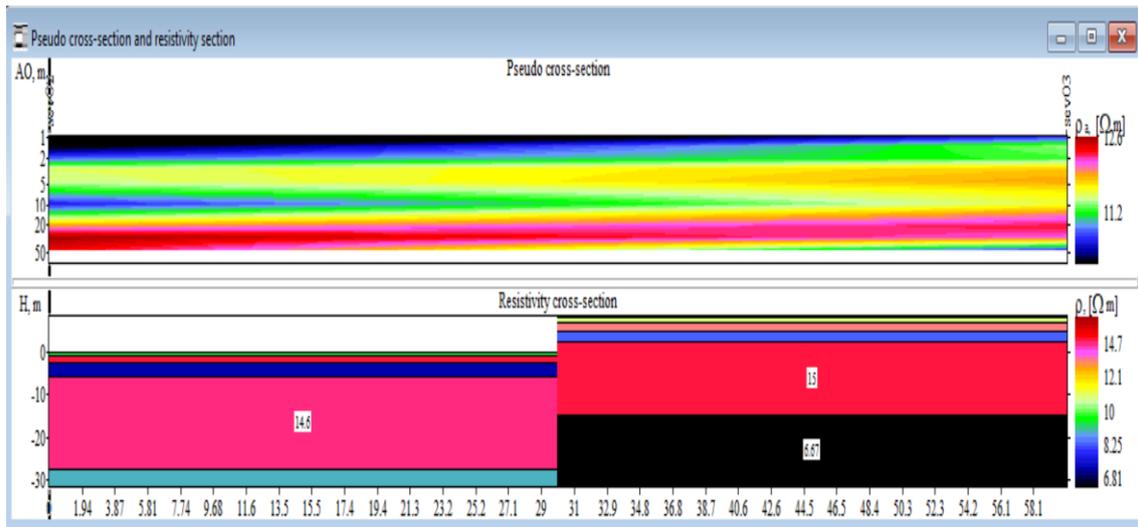


Gráfico 72 Secciones de resistividad Sev 2 y Sev 3.

Fuente: software IPI2win.

4.5 Resultados ensayo veleta

La prueba de corte de la veleta consiste básicamente en colocar una cuchilla de cuatro aspas en un suelo no perturbado y rotarla desde la superficie para determinar la fuerza de torsión requerida para cortar la superficie cilíndrica de la cuchilla; con esta fuerza de corte, puede encontrar la resistencia unitaria de la superficie.

El Gráfico 73 muestra dos tipos de veleta estandarizadas para esta prueba, cada veleta contiene 4 hojas perpendiculares entre sí, siendo su altura el doble que de su diámetro.

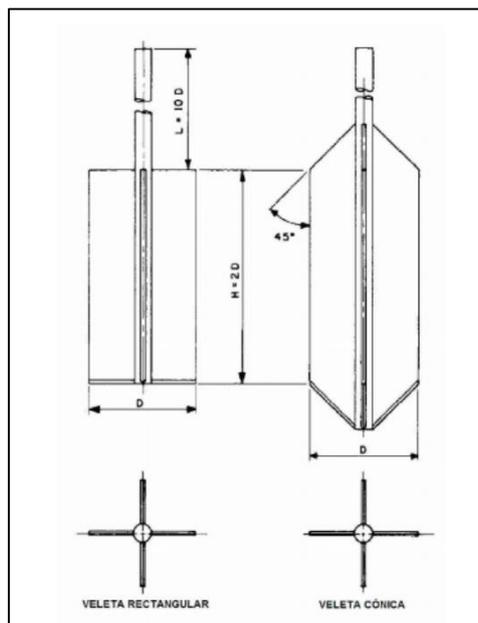


Gráfico 73 Sección de Veleta

Fuente:(Davies et al., 1989).

4.5.3 Tipos de Veleta

La dimensión del equipo está relacionado con la resistencia del suelo del cual se va a realizar el ensayo, para este estudio se escogió la veleta que tiene un diámetro D: 63.5 mm (2 ½ pulg.) como se puede observar en la Tabla 35.

Tamaño de Revestimiento	Diámetro (D) mm (pulg.)	Altura (H) mm(pulg.)	Espesor de la Lamina mm(pulg.)	Diante de la varilla de la veleta mm(pulg.)
AX	38.1 (1 1/2)	76.2 (3)	38.1 (1 1/2)	12.7 (0.5)
BX	50.8 (2)	102 (4)	50.8 (2)	12.7 (0.5)
NX	63.5 (2 1/2)	127 (5)	63.5 (2 1/2)	12.7 (0.5)
101.6 mm (4")	92.1 (3 5/8)	184 (7 1/4)	92.1 (3 5/8)	12.7 (0.5)

Tabla 35 Dimensiones de veleta aconsejables.

Fuente: Autores

En la Tabla 36 se detalla la ubicación de los ensayos de veleta:

Lugar	Coordenadas derecha		Profundidad (3m)	Cantidad de pruebas	Valores torque máx. (Kg/cm2)
	X	Y			
CALICATA 1	731116	9674712	3	2	8
					7
CALICATA 3	731108	9674645	3	3	6
					7
					5
CALICATA 2	731128	9674675	3	2	7
					7

Tabla 36 Cuadro de ubicación de calicatas

Fuente: Autores

En la Tabla 37 se presenta el cálculo de $(s_u)_{fv}$ para veletas conicas :

Lugar	Valores torque max. T (Kg-m)	Valores torque max. T (N/m)	Diametro de la veleta . D (mm)	Altura de la veleta . H(mm)	iT (mm)	iB (mm)	K (SI)	Su (Kpa)	Su (Kpa)
CALICATA 1	8	78.45	63.5	127	45	45	1000000	78.93	83.60
	7	68.65	63.5	127	45	45	1000000	69.06	73.15
CALICATA 3	6	58.84	63.5	127	45	45	1000000	59.20	62.70
	7	68.65	63.5	127	45	45	1000000	69.06	73.15
	5	49.03	63.5	127	45	45	1000000	49.33	52.25
CALICATA 2	7	68.65	63.5	127	45	45	1000000	69.06	73.15
	7	68.65	63.5	127	45	45	1000000	69.06	73.15

Tabla 37 Cálculo de Su.

Fuente: Autores

4.6 Parámetros de resistencia al corte con ensayos de laboratorio

4.6.1 Ensayo Triaxial no confinado no drenado (UU)

De acuerdo a lo entregado por un laboratorio privado como se muestra en Gráfico , se obtuvo un ángulo de fricción de 24° y una cohesión de 120 kPa en la muestra obtenida mediante tubo Shelby a los 5 metros de profundidad en la perforación 1, donde se obtuvo del testigo unicamente dos muestras.

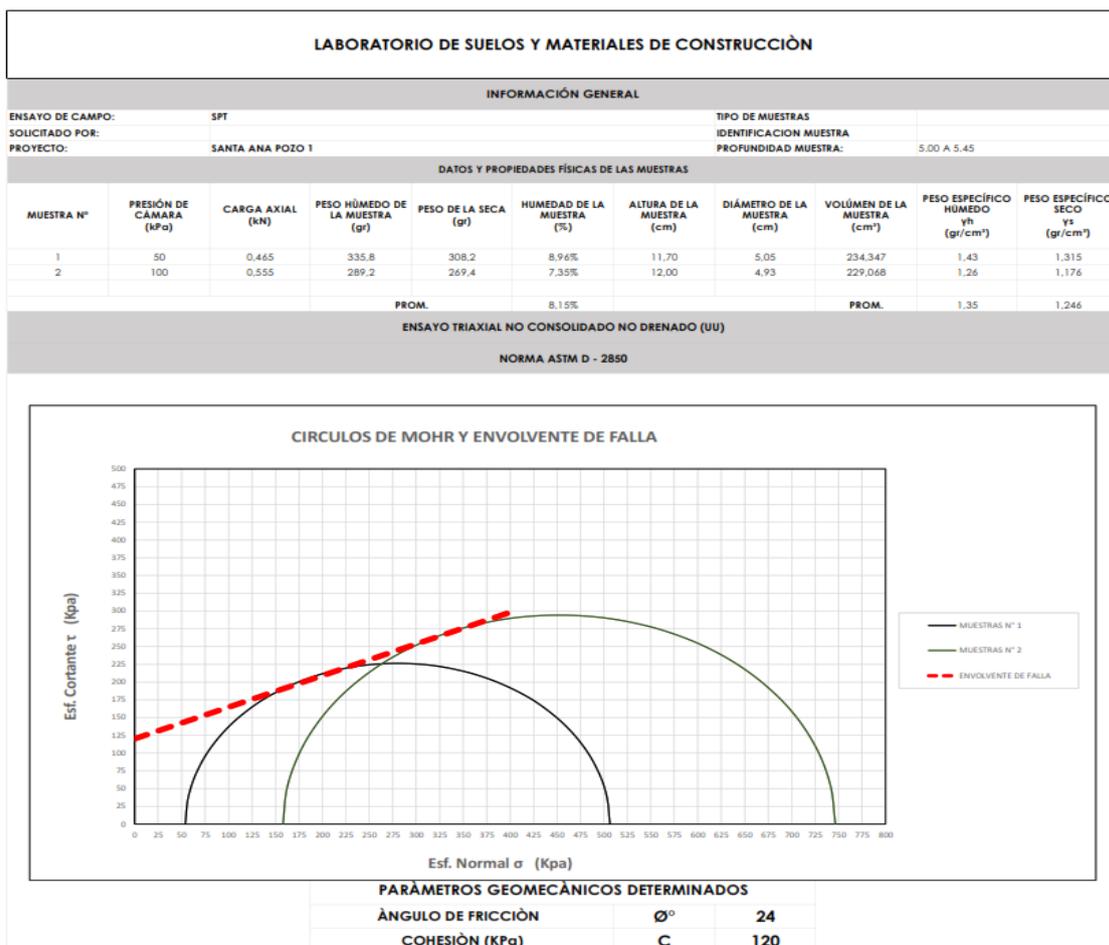


Gráfico 74 Perforación 1: Resultado del ensayo triaxial no confinado no drenado (UU).

Fuente: Laboratorio privado

De igual forma en el Gráfico 75 Gráfico se procedió en la perforación denominada pozo 2 del proyecto, donde a una profundidad de 3.5 m se obtuvo los siguientes parámetros de resistencia al corte:

Ángulo de fricción interna: 31°

Cohesión: 60 kPa

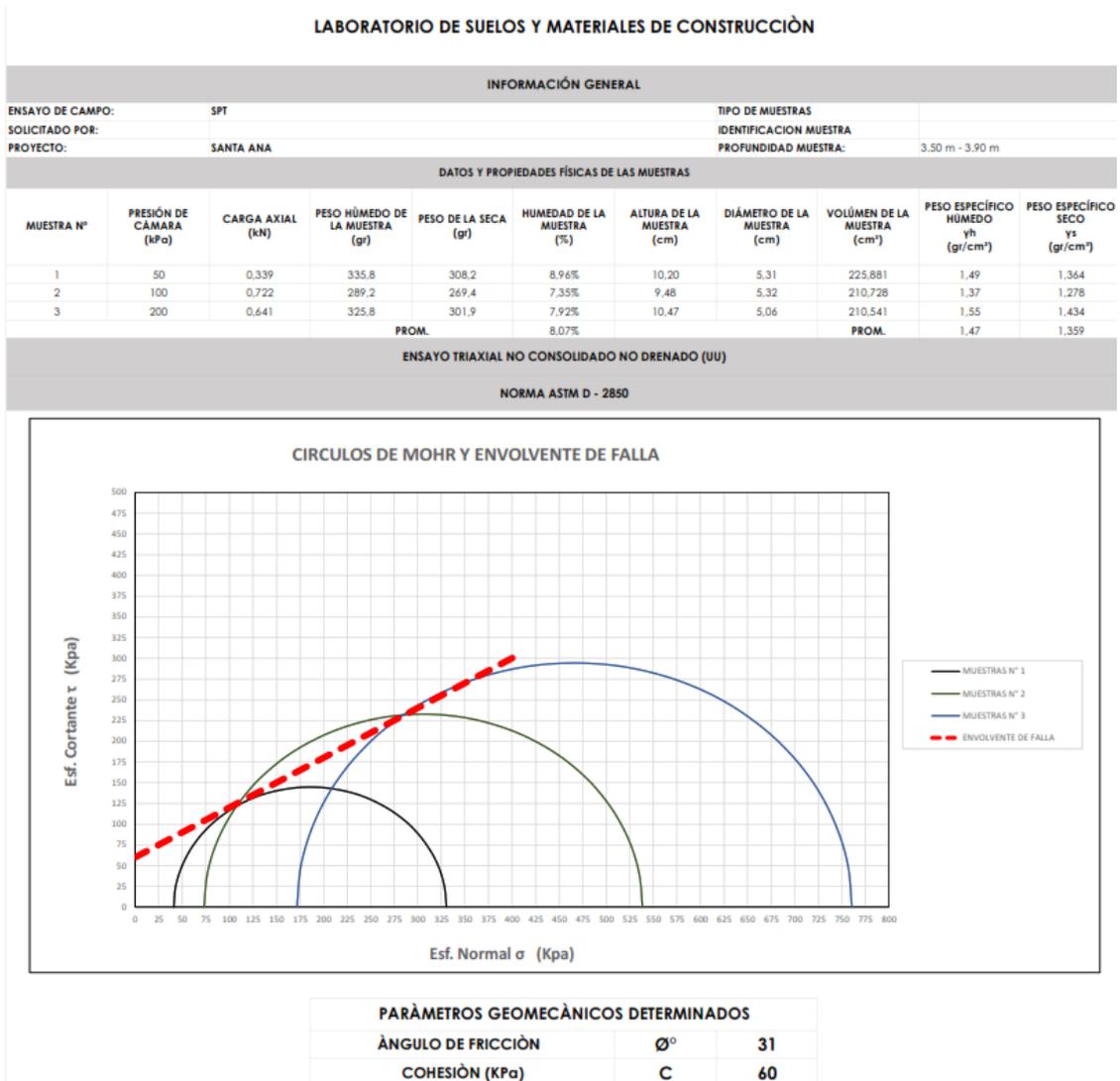


Gráfico 75 Perforación 2: Resultado del ensayo triaxial no confinado no drenado (UU).

Fuente: Laboratorio privado

4.6.2 Ensayo de corte directo

En la Gráfico se indica que el ensayo fue realizado de igual manera en un laboratorio privado y cuya muestra inalterada fue obtenida en la calicata denominada calicata 2 obteniéndose los siguientes parámetros de resistencia al corte:

Ángulo de fricción interna efectivo: 19.61°

Cohesión efectiva: 87 kPa

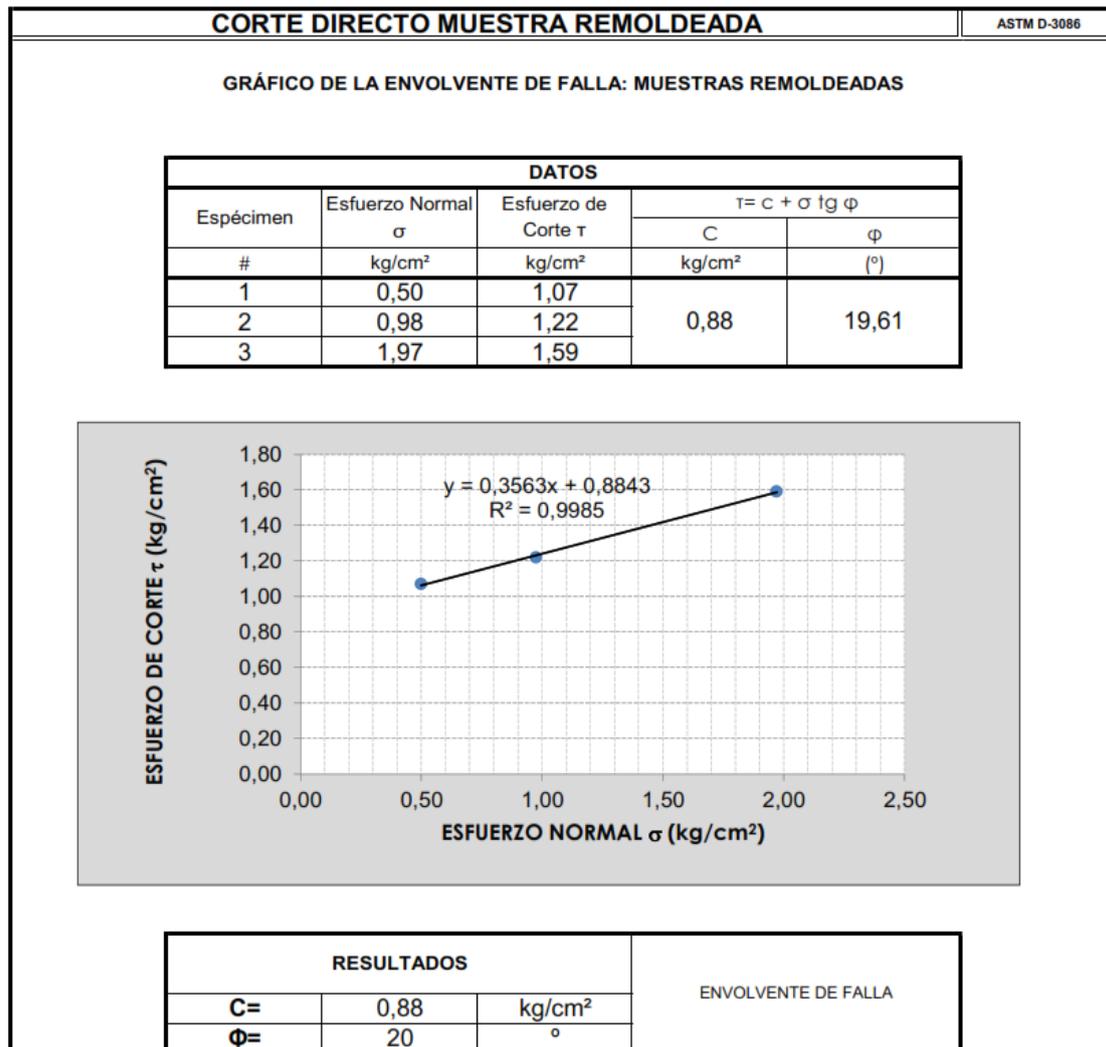


Gráfico 76 Calicata 3: Resultado del ensayo de corte directo. Fuente:

Fuente: Laboratorio privado

4.6.3 Ensayo de compresión no confinada

Todos los ensayos de laboratorio descritos en esta sección se encuentran en los ANEXOS y fueron realizados por los autores de este proyecto de titulación.

Los ensayos de compresión no confinada se realizaron tanto en muestras obtenidas de la cuchara partida del SPT en las perforaciones o pozos, así como también de las obtenidas en las calicatas realizadas a 3 m de profundidad.

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos de compresión simple realizados en las distintas perforaciones.

Como se observa en la Tabla 38 y Gráfico que se muestran a continuación, no fue posible realizar los ensayos en cada metro de perforación donde se obtuvo testigos, pues no se realizaron los ensayos en aquellas muestras que no cumplían con los requisitos establecidos según la normativa ASTM o estaban completamente disgregadas.

Profundidad (m)	Perforación 1 RCS (kPa)	Perforación 2 RCS (kPa)	Perforación 3 RCS (kPa)	Perforación 4 RCS (kPa)
1	-	-	22,8	-
2	-	-	-	-
3	71,96	-	-	-
4	121,94	-	74,5	45,9
5	-	-	68,4	-
6	163,2	-	-	55,9
7	-	-	-	104,8
8	-	-	-	179,6
9	-	55,5	-	-
10	-	-	112,75	-
11	-	-	-	275,2
12	-	-	-	231,2
13	-	250	-	304,4
14	-	-	-	-
15	-	299	-	-
16	-	-	-	-
17	-	258	-	-
18	-	260,1	-	-
19	-	-	-	-
20	-	264,35	-	-

Tabla 38 Resistencia a la compresión simple mediante ensayo de compresión no confinada en perforaciones.

Fuente: Autores

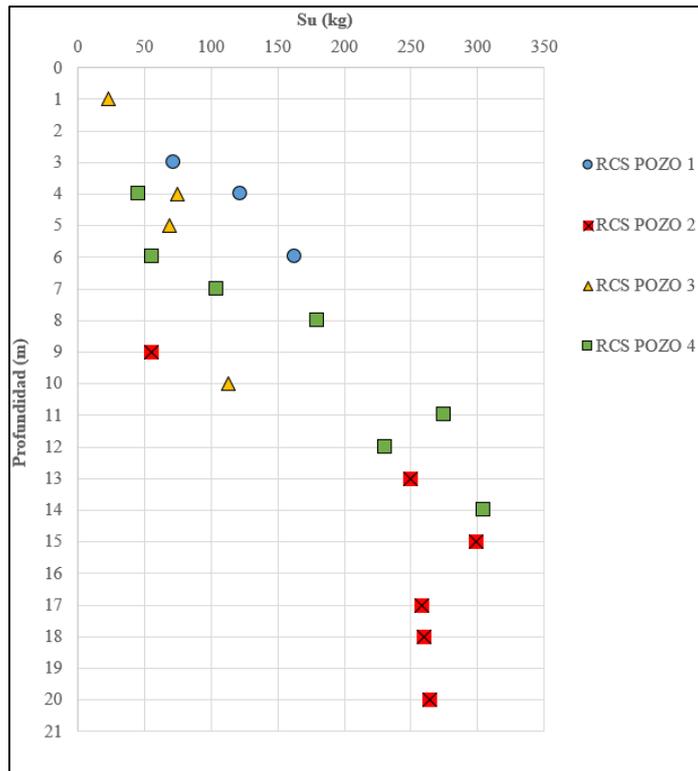


Gráfico 77 Resistencia a la compresión simple mediante ensayo de compresión no confinada en perforaciones.

Fuente: Autores

En las calicatas realizadas, se logró extraer muestras inalteradas en bloques para su posterior tallado en laboratorio, obteniéndose de esta forma la siguiente resistencia a la compresión no confinada.

DESCRIPCIÓN	Resistencia a la compresión simple (kPa)
CALICATA 1	89
CALICATA 2	58,1
CALICATA 3	50,6

Tabla 39 Resistencia a la compresión simple mediante ensayo de compresión no confinada en calicatas de profundidad de 3m

Fuente: Autores

Como se observa en la Tabla 39, no hubo inconvenientes al momento del tallado o ejecución del ensayo obteniéndose los resultados en todas las calicatas realizadas a una profundidad de 3 m.

4.7 Estimación de la de resistencia al corte no drenado (su) mediante correlaciones del ensayo SPT

4.7.1 Perforación 1:

En la Tabla 40, se puede observar que a las distintas profundidades donde se realizó el ensayo del SPT lo siguiente respecto al valor de la resistencia al corte no drenado (S_u):

- Los menores valores le corresponden al obtenido mediante la correlación de Sirvikaya (UCS) 2009.
- Los mayores valores son los obtenidos mediante las correlaciones de Budhu (2010).
- La diferencia entre la correlación entre los mayores y menores valores obtenidos están en relación aproximada de 2 a 1.
- Los valores que más se aproxima al promedio de todas las expresiones utilizadas es el de Salgado 2008.

4.7.2 Perforación 2:

De las correlaciones realizadas para estimar los valores de la resistencia al corte no drenado mediante correlaciones con el SPT, se puede observar para perforación 2 lo citado a continuación y expuesto en la Tabla 41,

- Los menores valores le corresponden al obtenido mediante la correlación de Sirvikaya (UCS) 2009.
- Los mayores valores son los obtenidos mediante las correlaciones de Budhu (2010).
- La diferencia entre las correlaciones entre los mayores y menores valores obtenidos están en relación aproximada de 2 a 1.
- Los valores que más se aproxima al promedio de todas las expresiones utilizadas es el de Sirvikaya (UU) 2009.

4.7.3 Perforación 3:

De los resultados obtenidos con las diferentes correlaciones para estimar la resistencia S_u mediante del ensayo de SPT y expuestos en la Tabla 42, se obtiene que:

- Los menores valores le corresponden al obtenido mediante la correlación de Sowers 1979.
- Los mayores valores son los obtenidos mediante las correlaciones de Stroud 1974.

- La diferencia entre las correlaciones entre los mayores y menores valores obtenidos varía conforme aumenta la profundidad.
- Los valores que más se aproxima al promedio de todas las expresiones utilizadas es el de Sirvikaya y Togrol 2002.

4.7.4 Perforación 4:

De los resultados obtenidos con las diferentes correlaciones para estimar la resistencia Su mediante del ensayo de SPT y expuestos en la Tabla 43, se obtiene que:

- Los menores valores le corresponden al obtenido mediante la correlación de Sirvikaya (UCS) 2009.
- Los mayores valores son los obtenidos mediante las correlaciones de Budhu (2010).
- La diferencia entre las correlaciones entre los mayores y menores valores obtenidos varía conforme aumenta la profundidad y la resistencia
- Los valores que más se aproxima al promedio de todas las expresiones utilizadas es el de Sirvikaya y Togrol 2002.

Profundidad (m)	Su (kPa)								
	Budhu 2010	Terzaghi & Peck 1948	Sowers 1979	Stroud 1974	Sirvikaya y Togrol 2002	Sirvikaya (UU) 2009	Sirvikaya (UCS) 2009	Salgado 2008	PROMEDIO
1	109	108	65	112	85	88	57	106	91
2	124	122	73	127	96	97	64	120	103
3	155	150	90	156	118	111	76	148	126
4	170	164	197	171	129	145	89	154	152
5	293	276	332	287	218	230	148	262	256
6	212	202	242	210	159	177	110	191	188
7	225	214	257	222	169	185	116	203	199
9	478	445	267	463	351	337	229	433	375
10	367	344	207	358	272	271	179	335	292
11	490	456	548	475	360	355	239	438	420

Tabla 40 Perforación 1: Estimación de los parámetros de resistencia al corte no drenado (S_u) mediante correlaciones del ensayo SPT.

Fuente: Autores

Profundidad (m)	Su (kPa)								
	Budhu 2010	Terzaghi & Peck 1948	Sowers 1979	Stroud 1974	Sirvikaya y Togrol 2002	Sirvikaya (UU) 2009	Sirvikaya (UCS) 2009	Salgado 2008	PROMEDIO
1	134	131	79	137	104	124	69	128	113
2	99	98	118	102	78	102	52	96	93
3	114	113	135	117	89	112	59	109	106
5	212	202	121	210	159	172	109	194	172
6	270	255	153	265	201	213	134	248	217
7	309	291	175	303	229	237	152	283	247
8	218	208	125	216	164	172	107	202	176
9	62	65	39	68	52	63	30	63	55
10	419	392	235	408	309	305	204	381	332
12	490	456	274	475	360	340	228	471	387
17	455	425	255	442	335	322	224	398	357

Tabla 41 Perforación 2: Estimación de los parámetros de resistencia al corte no drenado (Su) mediante correlaciones del ensayo SPT.

Fuente: Autores

Profundidad (m)	Su (kPa)								
	Budhu 2010	Terzaghi & Peck 1948	Sowers 1979	Stroud 1974	Sirvikaya y Togrol 2002	Sirvikaya (UU) 2009	Sirvikaya (UCS) 2009	Salgado 2008	PROMEDIO
1	22	28	34	29	22	40	9	28	26
2	27	33	39	34	26	40	10	32	30
4	58	61	37	63	48	61	32	61	52
5	95	96	57	99	75	78	47	95	80
6	490	457	274	475	360	350	241	455	388
8	212	202	121	210	159	164	106	201	172
12	408	381	229	397	301	286	194	389	194
13	435	406	244	423	320	322	230	371	230

Tabla 42 Perforación 3: Estimación de los parámetros de resistencia al corte no drenado (S_u) mediante correlaciones del ensayo SPT.

Fuente: Autores

Profundidad (m)	Su (kPa)								PROMEDIO
	Budhu 2010	Terzaghi & Peck 1948	Sowers 1979	Stroud 1974	Sirvikaya y Togrol 2002	Sirvikaya (UU) 2009	Sirvikaya (UCS) 2009	Salgado 2008	
1	4	5	3	5	4	15	3	5	4
2	4	5	3	5	4	20	1	5	4
3	4	5	3	5	4	14	4	5	3
4	47	52	31	54	41	54	23	50	44
6	113	112	67	116	88	103	56	111	96
7	114	113	68	117	89	100	55	112	96
8	341	321	192	333	253	250	164	319	272
9	218	208	125	216	164	173	107	207	177
10	400	374	224	251	295	309	238	279	296
11	367	344	206	231	271	287	222	257	273
13	380	356	214	239	281	304	233	257	283

Tabla 43 Perforación 4: Estimación de los parámetros de resistencia al corte no drenado (Su) mediante correlaciones del ensayo SPT.

Fuente: Autores

4.8 Compresión no confinada y ensayo de la veleta en calicatas

En la Tabla 44 y Gráfico , se observa que el valor de la resistencia al corte no drenado S_u estimados en el ensayo de campo de la veleta es ligeramente mayor para la calicata 2 en un 25% más y en la calicata 3 en un 24%, en cambio en relación con la calicata uno es menor en un 12%.

Descripción	Compresión no confinada S_u (kPa)	Veleta S_u (kPa)
CALICATA 1	89	78
CALICATA 2	58,1	73,15
CALICATA 3	50,6	62,7

Tabla 44 Comparación de Resistencia a la compresión simple mediante ensayo de compresión no confinada en calicatas de profundidad de 3m.

Fuente: Autores

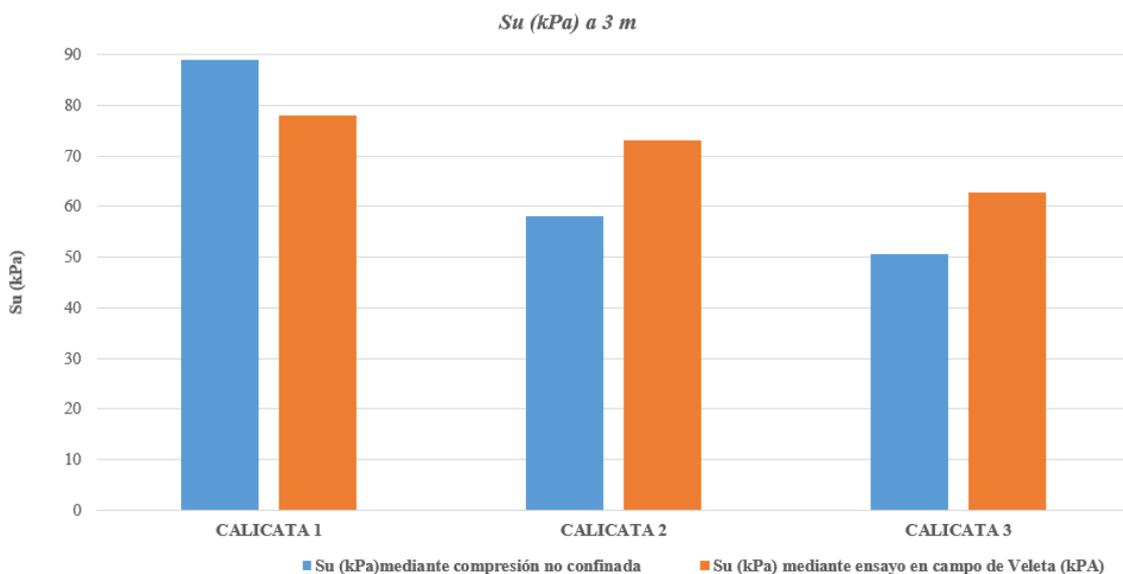


Gráfico 78 Comparación de Resistencia a la compresión simple mediante ensayo de compresión no confinada en calicatas de profundidad de 3m.

Fuente: Autores

4.49 Comparación de los parámetros de resistencia al corte no drenado mediante ensayos de laboratorio y de campo.

El Gráfico (Comparación de los parámetros de resistencia al corte no drenado mediante ensayos de laboratorio y de campo), evidencia que existe diferencias importantes en los valores de S_u con las distintas correlaciones aplicadas.

Los valores de S_u obtenidos en base a las correlaciones con el ensayo SPT de Sirvikaya (UCS) 2009, son en general los que más cercanos están a los obtenidos por compresión no confinada tanto en los pozos de perforación como en las calicatas.

De igual forma los valores S_u con la correlación con el ensayo SPT de Sirvikaya (UCS) 2009, es el más cercano a los obtenidos por compresión incofinada a los 3 m de profundidad en la perforación, calicata 1 y ensayo por veleta. Mientras que en la perforación 3 los valores de S_u que más próximos están a los obtenidos en la calicata y veleta es el corresponde al obtenido mediante la correlación realizada con SPT correspondiente a Budhu 2010.

En cuanto a los ensayos triaxiales (UU), los valores de la correlación de Sirvikaya y Togrol 2002 fue el que más se les aproximó.

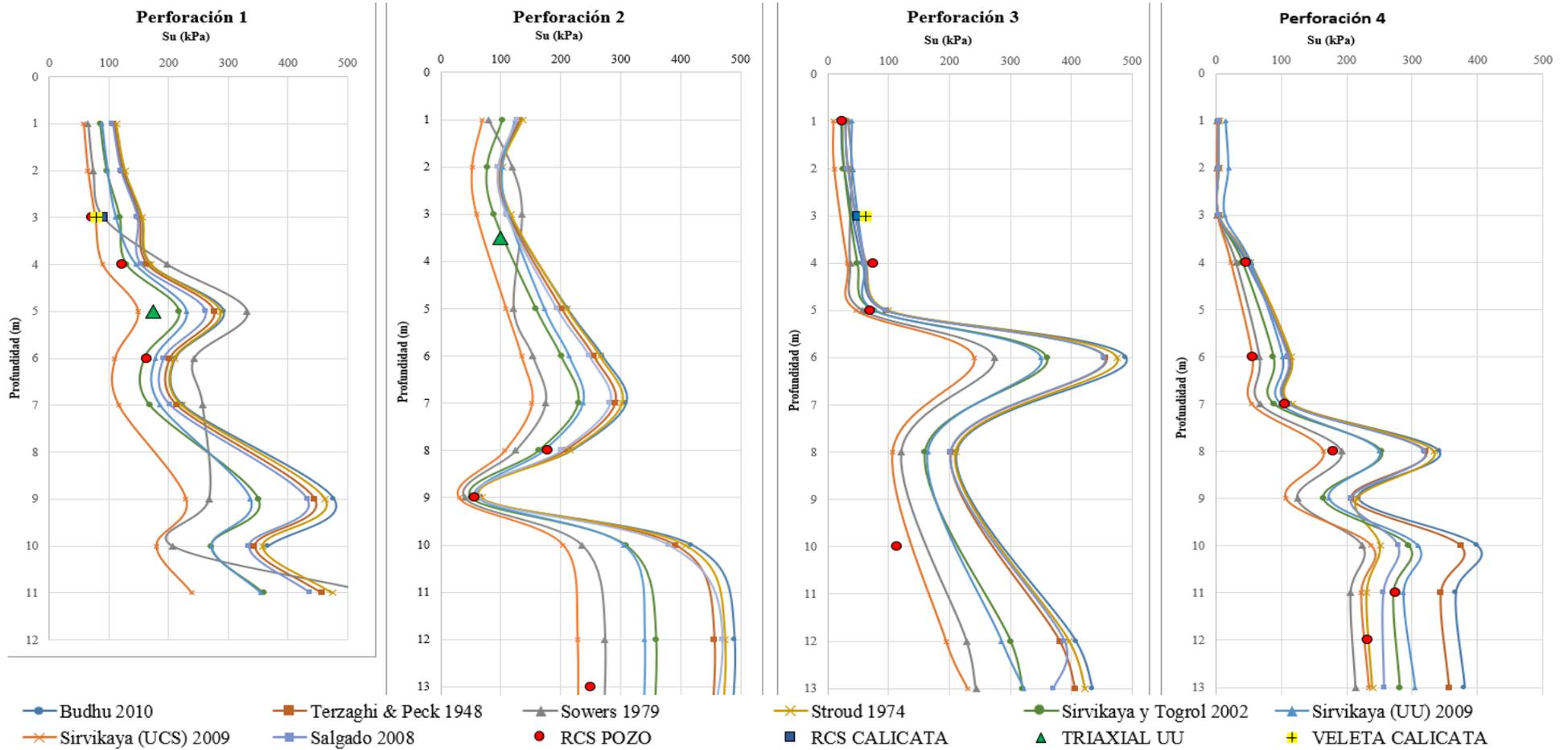


Gráfico 79 Comparación de los parámetros de resistencia al corte no drenado mediante ensayos de laboratorio y de campo

Fuente : Autores

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD

En este capítulo se presentan los análisis de estabilidad del sector de Santa Ana basados en los resultados de campo y laboratorio realizados de una manera exhaustiva. Los análisis de estabilidad corresponden a condiciones estáticas y pseudoestáticas, considerando los factores de seguridad.

5.1 Zonificación del Grado de Sismicidad

El Código Ecuatoriano de la Construcción recomienda utilizar un valor del coeficiente sísmico horizontal (Z) igual a 0.25 como se indica en la Gráfica 80, para los diseños de obras civiles en la Zona Sísmica II, donde se ubica la parroquia Santa Ana. (ver Tabla 47).

5.2 Análisis de estabilidad

El diseño y la evaluación de la estabilidad física de taludes en un área de estudio, es esencial para garantizar la seguridad de las obras civiles.

Existen varios métodos para analizar la estabilidad de un talud, que van desde modelos empíricos, modelos matemáticos y más sofisticados que con la ayuda de un ordenador se pueden generar modelos muy cercanos a la situación real. Estos modelos matemáticos requieren el conocimiento de factores físicos como de diversos parámetros como geológicos, geotécnicos, geo mecánicos, hidrológicos, hidrogeológicos, topográficos.

La estabilidad de taludes se determina por medio del factor de seguridad que es el factor para la cual la resistencia al corte de un suelo debe ser reducida de tal forma que se encuentre en el borde del equilibrio con el esfuerzo cortante. Existen varios tipos de análisis para la determinación del factor de entre uno de ellos se encuentra el método de equilibrio límite (LEM) (Bojorque Iñiguez, 2010) mediante el cual se ha realizado el presente trabajo con el uso del software Slope/W.

5.2.1 Factor de seguridad

En cuanto a la estabilidad de una masa de suelo se determina a partir del coeficiente de seguridad o como comúnmente se conoce factor de seguridad. Con un coeficiente de

seguridad menor a uno se produce la inestabilidad del talud.

El factor de seguridad se define con relación a la resistencia del suelo y representa el factor para el cual la resistencia al corte debe ser reducida en tal efecto que la resistencia que se reduce este al borde del equilibrio con el esfuerzo cortante.

$$F_s = \frac{s}{\tau_f}$$

Donde s , representa la resistencia al cortante promedio del suelo y τ_f el esfuerzo de corte promedio desarrollado a lo largo de la superficie de falla.

El factor de seguridad depende de entre otros factores de (Ávila Pareja, 2017):

- Exactitud y representación de los parámetros geotécnicos del suelo.
- Método de análisis
- La estimación de los valores de las presiones intersticiales.

La magnitud de la reducción que llega a tener los parámetros de resistencia al corte del suelo (c y $\tan\phi$) para alcanzar un estado de equilibrio límite se denomina $F_{s_{min}}$, el cual debe ser mayor o igual al recomendado por la norma.

En el caso de la norma ecuatoriana NEC-SE-GC el factor de seguridad por corte mínimo viene determinado por:

Condición**	FS corte Mínimo	
	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Vivía Nominal	1.5	1.25
Carga Muerta + Carga Vivía Máxima	1.25	1.1
Carga Muerta + Carga Vivía Nominal+ Sismo de diseño Pseudo estático	1.1	1.00*
Taludes – Condición estática y Agua Subterránea Normal	1.5	1.25
Taludes – Condición pseudo estática con Agua Subterránea Normal y coeficiente Sísmico de diseño	1.05	1.00*

Tabla 45 Factores de seguridad por corte mínimos.

Fuente: Autores

En la Tabla 45 indicada se tiene que:

La Carga Viva Nominal, se considera un factor de reducción por simultaneidad de la carga viva.

La Viva Máxima no se considera un factor de reducción.

(*) La demanda sísmica para los análisis pseudo estáticos será del 60% de la aceleración máxima del terreno.

(**) En cualquier caso los Factores de Seguridad por corte aplicados al material térreo (suelo, roca o material intermedio) no deben ser inferiores a los Factores de Seguridad Básicos Mínimos según lo indicado, en la cual las cargas se refieren a valores nominales de trabajo o servicio sin coeficientes de mayoración.

En el presente estudio se considera los siguientes factores de seguridad básicos mínimos para diseño de taludes.

Condición estática y Agua Subterránea Normal: **Fs min =1.5**

Condición pseudoestática con Agua Subterránea Normal y coeficiente Sísmico de diseño: **Fs min = 1.05.**

5.2.2 Análisis dinámico (pseudoestático) de taludes

Un número significativo de fallas en taludes han acontecido durante los sismos, por lo cual, en zonas sísmicas activas es importante evaluar la estabilidad sísmica. Los efectos de los fenómenos sísmicos son dependientes de la distancia y magnitud del epicentro.

Las fallas de taludes debidas a movimientos sísmicos ocurren con mayor frecuencia en taludes escarpados, especialmente en los que están cubiertos por suelos sueltos (normalmente coluviales) o por rellenos no controlados de ingeniería.

El mecanismo físico inducido por el movimiento sísmico al talud es muy complicado e incluye todas las complejidades del análisis estático de estabilidad de taludes más otras complejidades asociadas con la propagación de ondas sísmicas y resistencia dinámica de los suelos y rocas.

5.2.3 Factor sísmico

La estabilidad sísmica de un talud se analiza mediante la aplicación de una aceleración horizontal; debido a esto se idealiza como una fuerza estática horizontal y se lo conoce como pseudoestático. Esta fuerza pseudoestática es el resultado del producto entre el coeficiente sísmico y del peso de la masa analizada.

Según la norma ecuatoriana NEC-SE-GC, la demanda sísmica para los análisis pseudoestáticos será del 60% de la máxima aceleración del terreno, es decir:

$$k_h = 0.6(a_{max})/g$$

Donde:

k_h = coeficiente horizontal sísmico.

$$a_{max} = ZF_a$$

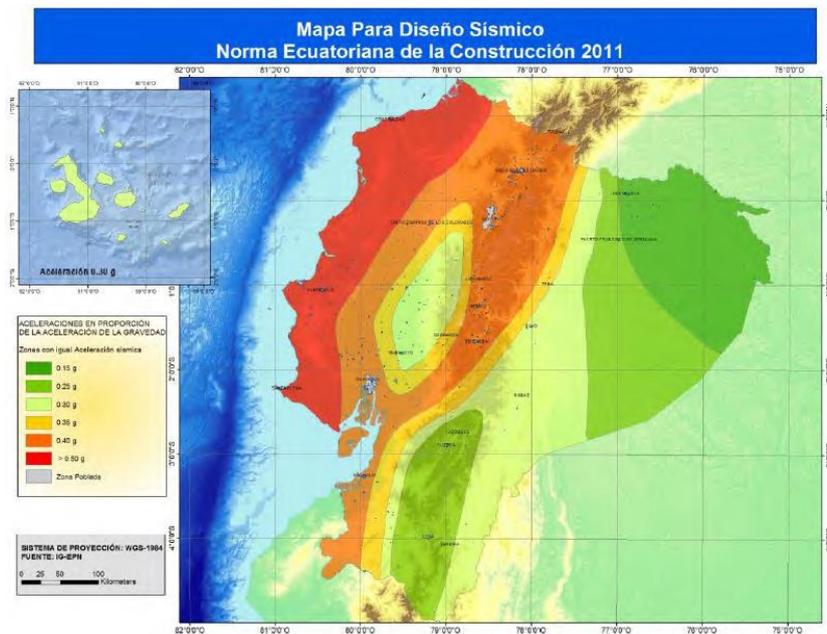


Gráfico 80 Mapa para diseño sísmico.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	≥0.5
Caracterización de la amenaza sísmica	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Tabla 46 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011

CIUDAD	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	ZONA
CHORDELEG	AZUAY	CHORDELEG	CHORDELEG	II
CUENCA	AZUAY	CUENCA	CUENCA	II
EL GIRÓN	AZUAY	GIRÓN	GIRÓN	II
EL PAN	AZUAY	EL PAN	EL PAN	II

Tabla 47 Valores del factor Z

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011

$$Z = 0.25 g$$

F_a = Fuerzas actuantes. Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodos corto y se encuentran definidos en las secciones 3.2.2 de la NEC-SE-DS en la cual:

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I 0.15	II 0.25	III 0.3	IV 0.35	V 0.4	VI >0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.18	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Requiere realizar un estudio explícitamente en el sitio.					

Tabla 48 Tipo de suelo y factores de sitio F_a .

Fuente: Autores

De acuerdo con las recomendaciones dadas por NEC2015 para diseño sísmico, y en base a la exploración geotécnica el suelo en estudio es considerado **Perfil Tipo D**. Por lo tanto, para una zona sísmica II como se indica en la Tabla 48, se tiene:

$$F_a = 1.4 \text{ y } k_h = 0.21$$

Para el cálculo de la estabilidad de taludes es importante determinar uno de los parámetros para la clasificación de suelos llamado V_{s30} , este parámetro da un promedio de las velocidades de onda cortante V_s de las capas de suelo que están ubicadas desde la superficie hasta una profundidad de 30 metros. Para este caso se ocuparán las velocidades de onda cortantes correlacionadas desde una velocidad de onda principal V_p realizadas en los ensayos de sísmica de refracción con la finalidad de comprobar la clasificación de suelo escogida es la correcta

El cálculo del V_{s30} se procede de la siguiente forma:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_i}{V_i}}$$

En la Tabla 49 se presenta el cálculo de V_{s30} para la primera línea sísmica LS1:

$$V_{s30} = \frac{30}{\frac{5.5}{229.07} + \frac{4.5}{1945.8}} = 1139,70 \text{ m/s}$$

Línea Sísmica LS1	Capa	ΔH (m)	Vs (m/s)	Vs 30 (m/s)
LS1	1	5.5	229.07	1139.70
	2	4.5	1945.8	

Tabla 49 Cálculo del Vs30 de la línea sísmica LS1.

Fuente: Propia.

En la Tabla 50 cálculo de Vs30 para la segunda línea sísmica LS2:

$$V_{s30} = \frac{30}{\frac{4.5}{134.97} + \frac{5.5}{1359.39}} = 802.42 \text{ m/s}$$

Línea Sísmica LS2	Capa	ΔH (m)	Vs (m/s)	Vsi 30 (m/s)
LS2	1	4	229.07	1460.18
	2	6	1945.8	

Tabla 50 Cálculo del Vs30 de la línea sísmica LS2

Fuente: Autores

En la Tabla 51 se indica el cálculo de Vs30 para la segunda línea sísmica LS3:

$$V_{s30} = \frac{30}{\frac{3.5}{144.06} + \frac{6.5}{1321.21}} = 1026.86 \text{ m/s}$$

Línea Sísmica LS3	Capa	ΔH (m)	Vs (m/s)	Vsi 30 (m/s)
LS3	1	3.5	144.06	1026.86
	2	6.5	1321.21	

Tabla 51 Cálculo del Vs30 de la línea sísmica LS3.

Fuente: Autores

En la Tabla 52 se indica el cálculo de Vs30 para la segunda línea sísmica LS4:

$$V_{s30} = \frac{30}{\frac{5}{187.41} + \frac{5}{1816.97}} = 1019.32 \text{ m/s}$$

Línea Sísmica LS4	Capa	ΔH (m)	Vs (m/s)	Vsi 30 (m/s)
LS4	1	5	187.41	1019.32
	2	5	1816.97	

Tabla 52 Cálculo del Vs30 de la línea sísmica LS4.

Fuente: Autores

5.2.4 Método de equilibrio límite

El método de equilibrio límite se ha utilizado para el análisis de estabilidad de taludes durante mucho tiempo, en el que se considera que se cumple el criterio de falla de Mohr-Coulomb a lo largo de una superficie de falla específica.

Para el análisis utilizando es necesario obtener parámetros geotécnicos como la resistencia del suelo, pero no se requiere la relación tensión-deformación. Además, este método asume que cuando ocurre una falla, la fuerza y las resistencias son iguales a lo largo del plano de falla, lo que equivale a un factor de seguridad de 1 (Bojorque Iñiguez, 2010).

Una forma de realizar el análisis es considerar la longitud total de la superficie de deslizamiento y dividir la masa de deslizamiento en varios segmentos (dovelas).

En el método de equilibrio límite, la iteración es importante para obtener la precisión adecuada. Una forma de considerar el factor de seguridad es comparar el momento de arrastre con el momento actuante.

El análisis de un cuerpo libre equilibrado se basa en la fuerza y la resistencia necesaria para producir su equilibrio. Una vez estimada su fuerza resistente, hay que compararla con la resistencia del suelo para obtener un factor de seguridad.

La masa se suele dividir en varias dovelas, donde se considera el balance de cada dovela de forma independiente, y luego se realiza el análisis de la condición de equilibrio mediante la sumatoria de todas sus fuerzas o momentos. Es necesario realizar suposiciones para satisfacer el balance entre los términos de los tipos de análisis ya sea

de cuerpo libre o de división de dovelas ya, que el problema llega a ser estáticamente indeterminado (Ávila Pareja, 2017).

En este estudio, se consideró el método de equilibrio límite propuesto por Bishop, mediante el uso de software de cálculo GEOSTUDIO 2012 con la herramienta Slope/W pues es un método validado para superficies de falla en suelos.

5.3 Modelo geotécnico

En base a los resultados de los ensayos de campo y laboratorio, se estableció para el modelo geotécnico, conservadoramente, dos capas como se corroboró en los ensayos de sísmica de refracción y sondeos eléctricos verticales, para el modelamiento en Slope/W con las características indicadas en el Gráfico 81, además, los valores más representativos correspondientes al peso específico ocupados para el diseño en los dos estratos, fueron valores similares que se obtuvieron del ensayo SPT y los analizados en las correlaciones.

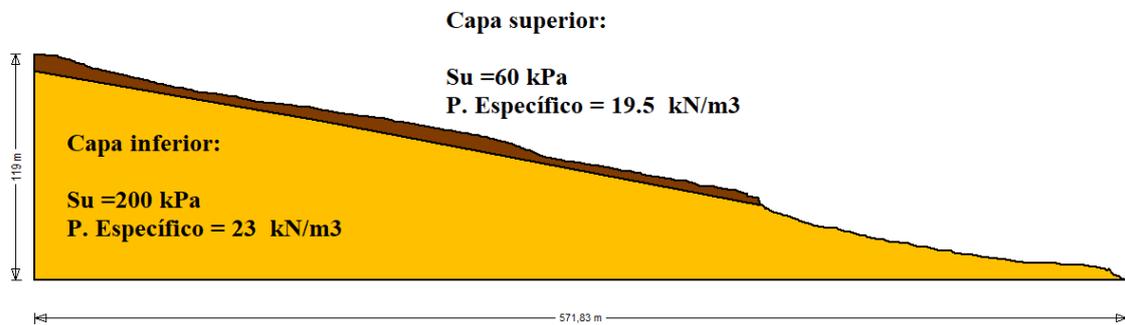


Gráfico 81 Modelo Geotécnico para análisis de estabilidad del talud.

Fuente: Autores.

5.3.1 Análisis de estabilidad en condiciones estáticas

El factor de seguridad estimado fue de $F_s=1.25$ (ver Gráfico 82 y Gráfico 83) que es menor al exigido por la norma ecuatoriana (NEC-SE-GC, 2015) de $F_s= 1.5$, esto para diseño, sin embargo, al ser mayor que uno se encuentra estable según el modelo considerado.

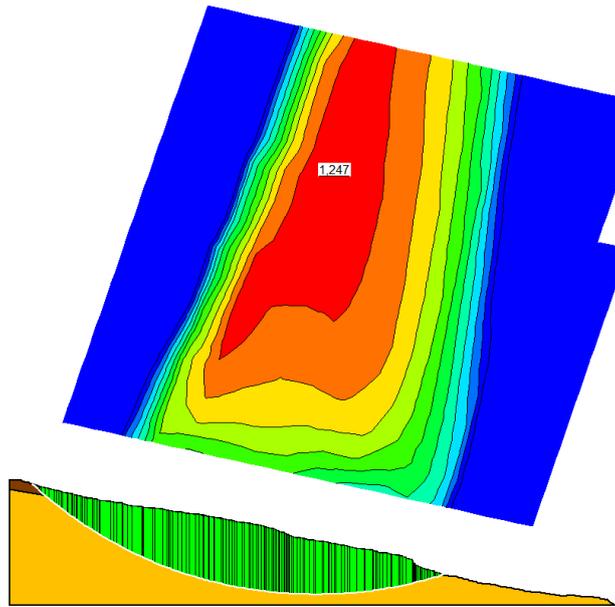


Gráfico 82 *Factor de seguridad en condiciones estáticas y dovelas de análisis en superficie crítica por el método de Bishop.*

Fuente: Autores.

El factor de seguridad de 1.2 obtenido en el modelo de dovelas representado en el Gráfico 82 por el método Bishop indica su plano de falla y en su mapa de zonas que el valor del factor de seguridad en condiciones estáticas cumple, indicando así que el talud se mantiene estable en estas condiciones.

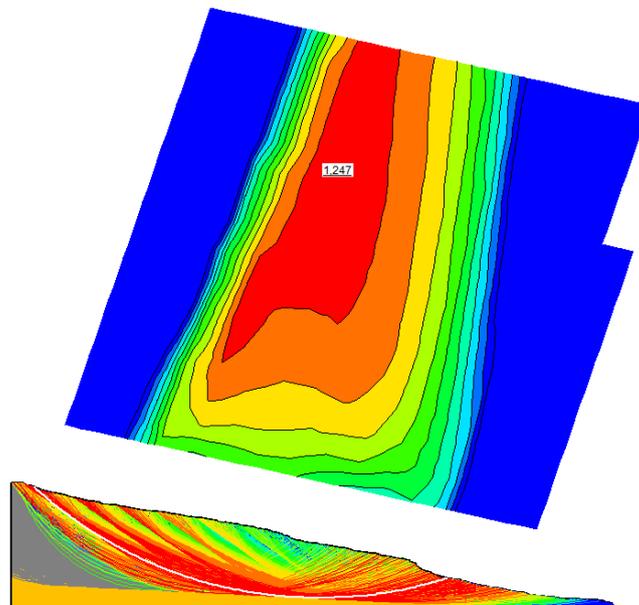


Gráfico 83 *Factor de seguridad en condiciones estáticas y superficies de deslizamiento analizadas por el método de Bishop.*

Fuente: Autores.

En el Gráfico 83 se presenta todos los planos de falla analizados por el programa por el método Bishop, marcando con una curva de color blanco el plano de falla crítico.

5.3.2 Análisis de estabilidad en condiciones pseudoestáticas

El factor de seguridad crítico para esta condición es de $F_s=0.61$ tal y como se puede observar en el Gráfico 84, el análisis de la superficie crítica realizado mediante dovelas por el método Bishop indica en el mapa de zonas que su factor de seguridad crítico calculado en condiciones pseudoestáticas no cumple y es menor $F_s=1.05$, mínimo requerido por la norma (NEC-SE-GC, 2015). Además, al ser el factor de seguridad menor que uno, se considera que no está en equilibrio ante bajo condiciones pseudoestáticas, por lo que será necesario para su estabilidad realizar medidas de estabilización.

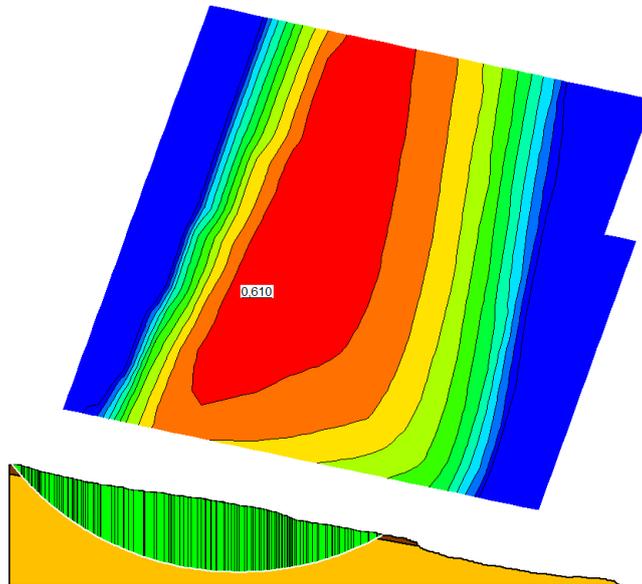


Gráfico 84 Factor de seguridad en condiciones pseudo estáticas y dovelas de análisis en superficie crítica por el método de Bishop.

Fuente: Autores.

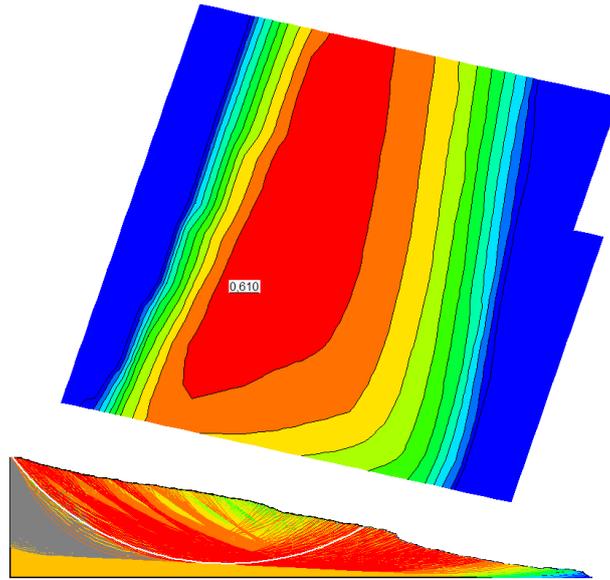


Gráfico 85 Factor de seguridad en condiciones pseudo estáticas y superficies de deslizamiento analizadas por el método de Bishop.

Fuente: Autores

En el Gráfico 85 se muestra todos los planos de falla analizados por el programa en condiciones pseudoestáticas por el método Bishop, marcando con una curva de color blanco el plano de falla crítico.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base al estudio realizado en el presente documento se pueden dar las siguientes conclusiones y recomendaciones.

Se realizó un levantamiento topográfico en base a fotogrametría que sirvió de base para el modelo geométrico y geotécnico del talud. Así también, se realizó una campaña geotécnica de tal forma que se logró establecer de manera adecuada una representación de la estratigrafía, caracterización y parámetros de resistencia al corte en el suelo que se encuentra en el talud de la vía a Santa Ana, habiendo realizado:

- Ensayos de campo: 4 perforaciones con equipo de roto percusión, ensayos SPT en todas las perforaciones, 4 ensayos de refracción sísmica con líneas de LS1:72 m; LS2: 96 m; LS3: 96 m; y LS4: 60 metros, 5 ensayos SEV con líneas de SEV1: 63 m; SEV2: 136 m; SEV3: 93 m; SEV4: 93m; SEV5: 93 m, y ensayos de veletas en 3 calicatas a 3m de profundidad.
- Ensayos de laboratorio para caracterización del suelo en perforaciones: humedad natural, límites de consistencia, análisis granulométrico, clasificación del suelo.
- Ensayos de laboratorio para determinar parámetros de resistencia al corte: 2 ensayos triaxiales no confinados no drenados (UU) uno en la perforación 1 y otro en perforación 2, 1 ensayo de corte directo en calicata 3, ensayos de compresión no confinada en perforaciones y calicatas.

En la caracterización del suelo de las perforaciones se tiene lo siguiente.

- Perforación 1: Existe presencia de arcillas de baja plasticidad en todo su espesor.
- Perforación 2: Se encontró suelos finos en toda la profundidad de exploración, existe intercalaciones en la estratigrafía de arcillas de baja plasticidad, arcillas limosas de baja y limos arenosos.
- Perforación 3: La primera capa superior está constituida por limos arenosos hasta los 3 m de profundidad, luego presenta arcillas de baja plasticidad y arcillas limosas.
- Perforación 4: Con presencia de 2 capas la superior constituida por arcillas de baja

plasticidad y una segunda capa a partir de los 11 metros de limos.

Mediante los datos obtenidos en campo del número de golpes NSPT y con las correcciones correspondientes, fue posible determinar el número de golpes corregido y normalizado $N1(60)$, mediante el cual se pudo obtener con correlaciones parámetros geotécnicos como son: peso específico, módulo de elasticidad, consistencia o densidad relativa y la resistencia del suelo de exploración.

Los parámetros de resistencia al corte en condiciones no drenadas realizado a través del ensayo triaxial no confinado no drenado (UU) fueron de:

- Perforación 1 (a 5 m de profundidad)
Ángulo de fricción interna $\phi = 24^\circ$ y cohesión $c = 120$ kPa
- Perforación 2 (a 3.5 m de profundidad)
Ángulo de fricción interna $\phi = 31^\circ$ y cohesión $c = 60$ kPa

En cuanto a los parámetros de resistencia al corte estimado en el ensayo de corte directo en la muestra inalterada obtenida de la calicata 2 fueron de:

Ángulo de fricción interna efectivo $\phi' = 31^\circ$ y cohesión efectiva $c' = 87$ kPa

Se estimó los parámetros de resistencia al corte, específicamente la resistencia al corte no drenado (S_u) en las perforaciones realizadas por medio del ensayo de compresión no confinada. De igual forma, se realizó la estimación de la resistencia al corte no drenado (S_u) de muestras inalteradas en las 3 calicatas con los siguientes valores: Calicata 1 89 kPa, Calicata 2 con 58.1 kPa y Calicata 3 con 50.6 kPa.

Se procedió a estimar la resistencia al corte no drenado (S_u) mediante ocho correlaciones distintas utilizando la resistencia a la penetración normalizada del ensayo SPT en las perforaciones realizadas donde se observó que existen variaciones significativas, de lo que se puede indicar:

- La correlación de Sirvikaya (UCS) 2009, son en la mayoría, la que mejor aproximación dan en cuanto a valores de S_u en las tres perforaciones comparada con los resultados obtenidos por compresión no confinada.
- Los valores estimados de S_u mediante la correlación de Sirvikaya (UCS) 2009, es el que mayor cercanía en cuanto a valores tiene comparado con los obtenidos por

compresión no confinada en la perforación, calicata 1 y ensayo por veleta a los 3 m de profundidad.

- En cambio, la correlación de Budhu 2010 para estimar S_u a los 3 m de profundidad en la perforación 3 tiene mejor ajuste a lo obtenido en el ensayo de compresión no confinada en la calicata y el ensayo de veleta.
- La correlación de Sirvikaya y Togrol 2002 tuvo valores de resistencia al corte más cercanos en relación con los ensayos triaxiales no confinados no drenados (UU) realizados en la perforación 1 y perforación 2.

El análisis de estabilidad de taludes se realizó por el método de equilibrio límite de Bishop en condiciones estáticas y pseudoestáticas. Para el análisis de estabilidad de taludes se consideró el modelo geotécnico conformado por dos capas y valores más representativos obtenidos por la formulación realizada por el ensayo SPT y de las correlaciones obtenidas en los ensayos de resistencia al corte.

Según la NEC2015 la Parroquia Santa Ana se encuentra la zona II la cual representa una caracterización del peligro sísmico considerado como Alto, con un valor de factor de zona $Z = 0.25$. De acuerdo con las recomendaciones dadas por este código para diseño sísmico, el tipo de suelo es considerado Perfil Tipo D y le corresponde un factor de sitio $F_a = 1.4$, por lo que se obtuvo un coeficiente horizontal sísmico para análisis pseudoestático del talud de $k_h = 0.21$.

Bajo condiciones estáticas el factor de seguridad calculado fue de $F_s = 1.25$ que es menor a 1.5 para diseño requerido por la norma ecuatoriana, a pesar de no cumplir con este factor de seguridad, el talud se considera estable al poseer un factor de seguridad mayor que uno (condiciones de equilibrio).

El talud en estudio bajo condiciones pseudoestática se obtuvo un factor de seguridad $F_s = 0.61$ siendo menor al exigido por la NEC de 1.05. Bajo el escenario pseudoestático se considera al talud como inestable con la posibilidad de deslizamiento de masas de tierra ante un evento sísmico representativo de la aceleración considerada en el análisis, por lo que se recomienda realizar una propuesta de estabilización bajo estas condiciones.

BIBLIOGRAFIA

- ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA. (2001). *NBR 6484: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT: Método de ensaio*.
https://www.mendeley.com/catalogue/96220d94-bb40-3bdc-90b8-41810d61542e/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.8&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7B29eca221-3cd9-4179-9bdf-c9ea82353f17%7D
- Anónimo. (2011). *Sistema de clasificación de suelos SUCS*.
<https://mecanicadesuelos.files.wordpress.com/2011/03/clasif1.png>
- Standard Practice for classification of Soils for Engineering purposes, i ASTM International 1 (2017). <https://doi.org/10.1520/D2487-17>.
- Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils, D1586-08a ASTM D1586 1 (2008).
https://doi.org/10.1520/D1586_D1586M-18
- Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil 1, ASTM International 1 (2016). <https://doi.org/10.1520/D2166>
- Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass, ASTM International 1 (2019).
<https://www.astm.org/Standards/D2216>
- ASTM D2573-08. (2008). Standard test method for field vane shear test in cohesive soil. En *D2573-01*.
- Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils, D2850 – 15 ASTM International 1 (2015).
<http://compass.astm.org/download/D2850.10761.pdf>
- Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions, (2011). <https://www.astm.org/Standards/D3080>
- Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils, ASTM International 1 (2010).
<https://doi.org/10.1520/D4318-17E01>.
- ASTM D5777-00. (2011). Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface. *ASTM International, West Conshohocken, PA, 00*(Reapproved 2011), 1–14.
- Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis, ASTM International (2017). <https://www.astm.org/Standards/D6913.htm>
- Ávila Pareja, R. (2017). *Análisis sísmico - dinámico en taludes para aseguramiento de estructuras de irrigación Sangallaya – Huarochirí – Región Lima 2017*. Universidad César Vallejo.
- Baldock, J. W. (1985). The Northern Andes: A Review of the Ecuadorian Pacific Margin. *The Ocean Basins and Margins*, 181–217. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-2351-8_5
- Bojorque Ñiguez, J. (2010). La aplicación del análisis inverso de deslizamientos como herramienta para la determinación de los parámetros geomecánicos del suelo. *Maskana*, 1(1), 17–30. <https://doi.org/10.18537/mskn.01.01.02>
- Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis and Design International Fifth Edition*.
- Budhu, M. (2010). Soil Mechanics and Foundations. En *Journal of Chemical Information and Modeling* (3a ed., Vol. 1, Número 9).
- Carmona-Álvarez, J. E., & Ruge-Cárdenas, J. C. (2015). Análisis de las correlaciones existentes del ángulo de fricción efectivo para suelos del piedemonte oriental de Bogotá usando ensayos in situ. *TecnoLógicas*, 18(35), 93.
<https://doi.org/10.22430/22565337.191>
- Clayton, C. R. . (1990). SPT energy transmission: theory, measurement and

- significance. *Ground Engineering*, 35–43.
- Coduto, D., Kitch, W. A., & Ronald Yeung, M. (2001). Foundation design: principles and practices. En *Hungarian Quarterly* (Vol. 2, Número 204). Prentice Hall USA. <https://doi.org/10.46692/9781447343264.004>
- Collot, J., Michaud, F., Alvarado, A., Marcaillou, B., Ratzov, G., Migeon, S., Calahorrano, A., & Pazmino, A. (2009). *Vision general de la morfología submarina del margen convergente de Ecuador-Sur de Colombia : implicaciones sobre la transferencia de masa y la edad de la subduccion de la Cordillera de Carnegie*. 47–74.
- Das, B. M. (2011). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*.
- Das, B. M. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (Número 1).
- Davies, M. C. R., Almeida, M. S. S., & Parry, R. H. G. (1989). Studies with centrifuge vane and penetrometer apparatus in a normal gravity field. *Geotechnical Testing Journal*, 12(3), 195–203. <https://doi.org/10.1520/gtj10968j>
- Devincenzi, M., & Frank, N. (1995). Ensayos geotecnicos in situ. *Control*.
- Duncan, J. M., Stephen, J., Stephen, G., Wright, T., & Brandon, L. (2014). *Soil Strength and Slope Stability*. [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=LtAXBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=Duncan+\(2014\)+Soil+strength+and+slope+stability&ots=E0cNfoMdPi&sig=SETmuH8xx90rNRhRLgQeZOOb75tY&redir_esc=y#v=onepage&q=Duncan+\(2014\)+Soil+strength+and+slope+stability&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=LtAXBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=Duncan+(2014)+Soil+strength+and+slope+stability&ots=E0cNfoMdPi&sig=SETmuH8xx90rNRhRLgQeZOOb75tY&redir_esc=y#v=onepage&q=Duncan+(2014)+Soil+strength+and+slope+stability&f=false)
- Estrada, L. (2008). *Prospección Sísmica*.
- Farinango, E. F. Q., & Zambrano, S. V. V. (2014). *Universidad Central Del Ecuador Facultad De Ingeniería En Geología, Minas, Petróleos Y Ambiental Carrera De Ingeniería En Geología*. 251. [http://files/48/Farinango y Zambrano - UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENI.pdf](http://files/48/Farinango+Y+Zambrano-UNIVERSIDAD+CENTRAL+DEL+ECUADOR+FACULTAD+DE+INGENI.pdf)
- Feininger, T., & Bristow, C. R. (1980a). Cretaceous and Paleogene geologic history of coastal Ecuador. *Geologische Rundschau 1980 69:3*, 69(3), 849–874. <https://doi.org/10.1007/BF02104650>
- Feininger, T., & Bristow, C. R. (1980b). Cretaceous and Paleogene geologic history of coastal Ecuador. *Geologische Rundschau 1980 69:3*, 69(3), 849–874. <https://doi.org/10.1007/BF02104650>
- García Trejo, S. L., & Ramírez López, M. O. (2006). *Propuesta de un manual de laboratorio de Mecánica de Suelos conforme a la norma ASTM 2003*. Universidad de El Salvador.
- GHOSH, D. P. (1971). The Application Of Linear Filter Theory To The Direct Interpretation Of Geoelectrical Resistivity Sounding Measurements*. *Geophysical Prospecting*, 19(2), 192–217. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2478.1971.TB00593.X>
- Gibbs, H., & Holtz, W. (1957). Research on Determining the Density of Sands by Spoon Pénétration Testing. *Fourth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*.
- González, A. J. (2017). Estimativos de parametros efectivos de resistencia con el SPT. *X Jornadas geotécnicas de la ingeniería colombiana*, 1–12. <https://www.google.com/search?q=estimativos+de+parámetros+efectivos+de+resistencia+con+el+spt&aq=chrome.1.69i57j35i39j0j0i10i433j0i2j0i10i131i433j69i60.2671j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8#>
- Hara, A., Ohta, T., Niwa, M., Tanaka, S., & Banno, T. (1974). Shear Modulus and Shear Strength of Cohesive Soils. *Soils and Foundations*, 14(3), 1–12. https://doi.org/10.3208/SANDF1972.14.3_1

- Hatanaka, M., & Uchida, A. (1996). Empirical Correlation Between Penetration Resistance and Internal Friction Angle of Sandy Soils. *Soils and Foundations*, 36(4), 1–9. https://doi.org/10.3208/SANDF.36.4_1
- Holtz, R., Kovacs, W., & Sheahan, T. (1981). *An introduction to geotechnical engineering*. <https://www.academia.edu/download/53733597/libro.pdf>
- Hungerbühler, D., Steinmann, M., Winkler, W., Seward, D., Egüez, A., Heller, F., & Ford, M. (1995). An integrated study of fill and deformation in the Andean intermontane basin of Nabón (Late Miocene), southern Ecuador. *Sedimentary Geology*, 96(3–4), 257–279. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(94\)00137-J](https://doi.org/10.1016/0037-0738(94)00137-J)
- Hungerbühler, D., Steinmann, M., Winkler, W., Seward, D., Egüez, A., Peterson, D. E., Helg, U., & Hammer, C. (2002). Neogene stratigraphy and Andean geodynamics of southern Ecuador. *Earth-Science Reviews*, 57(1–2), 75–124. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(01\)00071-X](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(01)00071-X)
- Japan Society of Civil Engineers. (2000). *Earthquake Resistant Design Codes of Civil Engineering Structures in Japan* (M. Hamada (ed.)). Japan Society of Civil Engineers.
- Kalenov, E. (1987). *Interpretación de Curvas de Sondeos Eléctricos Verticales*. 425.
- Kearey, P., Brooks, M., & Ian Hill. (2002). *An Introduction to Geophysical Exploration*. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=mWkJEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP9&dq=kearey+et.+al.+2002&ots=YN_zX2l_8E&sig=HLfrBSFku9Ruh1x6pQkRXwwdtOU&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Kishida, H. (1969). Characteristics of liquefied sands during mino-owari, tohankai and fukui earthquakes. *SOILS AND FOUNDATIONS*, 9(1), 75–92. <https://doi.org/10.3208/SANDF1960.9.75>
- KOEFOD, O. (1979). RESISTIVITY SOUNDING ON AN EARTH MODEL CONTAINING TRANSITION LAYERS WITH LINEAR CHANGE OF RESISTIVITY WITH DEPTH*. *Geophysical Prospecting*, 27(4), 862–868. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2478.1979.TB01003.X>
- Ladd, C. C., Foott, R., Ishihara, K., Schlosser, F., & Poulos, H. G. (1977). *Stress deformation and strength characteristics*. 2.
- Liao, S. S. C., & Whitman, R. V. (1986). Overburden correction factors for SPT in sand. *Journal of Geotechnical Engineering*, 112(3), 373–377. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9410\(1986\)112:3\(373\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9410(1986)112:3(373))
- López Menardi, R. E. (2003). Determinación in Situ De Propiedades El Ensayo Normal De Penetración. *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, Buenos Aires, Argentina*, 1–37.
- Montenegro, L. (2014). Calibración del método de parámetros de resistencia con SPT en suelos de la región llanera colombiana Calibración del método de parámetros de resistencia con SPT en suelos de la región llanera colombiana. *Universidad Nacional de Colombia*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/51311>
- Nassaji, F., & Kalantari, B. (2011). SPT capability to estimate undrained shear strength of fine grained soils of Tehran, Iran. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*.
- NEC-SE-GC. (2015). Geotécnica y Cimentaciones. En *Design and Optimization of Metal Structures*.
- NP - ENV 1997-3. (2002). *Eurocódigo 7 – Proyecto geotécnico Parte 3: Proyecto asistido para ensayos de campo ENV 1997-3:2002*. 156.
- O'Neill. (1975). "Improved linear filter coefficients for application in apparent resistivity computations". Vol 6 Num 4.
- Olguín, R., & Ortúzar, M. (2015). Desarrollo e implementación de una veleta de corte a

- alta revolución para sondajes. *Obras y proyectos*, 17, 89–95.
<https://doi.org/10.4067/S0718-28132015000100011>
- Peck, R. B., Hanson, W. E., H., T., & Thornburn. (1974). *Foundation Engineering by Ralph B. Peck (1974-01-25): Ralph B. Peck; Walter E. Hanson; Thomas H. Thornburn*. 1974. <https://www.amazon.com/-/es/Ralph-Walter-Hanson-Thomas-Thornburn/dp/B01FKSF952>
- Peck, R., Hanson, W., & Thornburn, T. (1953). *Foundation engineering*. https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1953/04000/Foundation_Engineering.12.aspx
- R.E. Hunt. (1984). Geotechnical Engineering Investigation Handbook. En *Geotechnical Engineering Investigation Handbook*.
- Rahman, M. (2019). Foundation Design using Standard Penetration Test (SPT) N-value. *Researchgate*, 5(June), 1–39. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23159.73123>
- Rico Rodríguez, A., & Castillo, H. (1981). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y autopistas*. [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=d042vJAKVK8C&oi=fnd&pg=PA7&dq=\(Rico+Rodríguez,+Alfonso,+1981\)+&ots=HBOTmCg1hQ&sig=tQr4pKYhLTV2gHs9UqCQEEWTVPs&redir_esc=y#v=twopage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=d042vJAKVK8C&oi=fnd&pg=PA7&dq=(Rico+Rodríguez,+Alfonso,+1981)+&ots=HBOTmCg1hQ&sig=tQr4pKYhLTV2gHs9UqCQEEWTVPs&redir_esc=y#v=twopage&q&f=false)
- Robertson, P. . (2006). Guide to In-Situ Testing. *Gregg Drilling and Testing*, 1–100. <papers2://publication/uuid/0ADB1119-DE29-4559-BFCB-8C155B46D181>
- Salgado, R. (2008). *The engineering of foundations* (Vol. 888). McGraw Hill New York.
- SCHMERTMANN, & H., J. (1975). Measurement of in situ shear strength, SOA Report. *Proceedings, ASCE Spec. Conference on In Situ Measurement of Soil Properties, Raleigh, N. C., 1975*, 2, 57–138. <http://ci.nii.ac.jp/naid/80013710790/en/>
- Sirvikaya, O., & Togrol, E. (2002). Relations between SPT-N and qu. En *5th Intern. Congress on Advances Civil engineering* (pp. 943–952).
- Sivrikaya, O. (2009). Comparison of Artificial Neural Networks models with correlative works on undrained shear strength. *Eurasian Soil Science*, 42(13), 1487. <https://doi.org/10.1134/S1064229309130092>
- Skempton, A. W. (1986). Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation. *Geotechnique*, 36(3). <https://doi.org/10.1680/geot.1986.36.3.425>
- Sowers G.F. (1979). *Introductory Soil Mechanics and Foundations* (4th ed.). Macmillan.
- Steinmann, M, Seward, D., & Hungerbuehler, D. (1996). *Thermotectonic history of the Andes, South Ecuador : evidence from fission-track dating*.
- Steinmann, Michael, Hungerbühler, D., Seward, D., & Winkler, W. (1999). Neogene tectonic evolution and exhumation of the southern Ecuadorian Andes: a combined stratigraphy and fission-track approach. *Tectonophysics*, 307(3), 255–276. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(99\)00100-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0040-1951(99)00100-6)
- Stroud, M. A. (1974). The standard penetration test in insensitive clays and soft rock. En *Proceedings of the 1st European Symposium on Penetration Testing: Vol. Vol. 2* (2) (pp. 367–375).
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1948). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. John Wiley and Sons.

ANEXOS

Anexo 1

Calicata 1

InGeoTec		INFORME									
Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón		PERFIL ESTRATIGRAFICO									
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.										
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez										
Código del Proyecto:	---										
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.					Fecha de Ensayo:		30/03/2021			
Material:	---					Página:		1 de 1			
Código de Muestra:	---					Muestreado por :		Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez			
Sondaje / Calicata:	Calicata 1					Ensayado por :		Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez			
N° de Muestra:	M1										
Profundidad	3.0 m.										
REGISTRO DE SONDAJES											
Prof. (m)	Perfil	% gn	LL	IP	% Gravas	% Arenas	% Finos	DESCRIPCIÓN	S U C S	REGISTRO FOTOGRÁFICO	
0.00								Suelo limo arcilloso, color café claro, húmedo, consistencia poco dura.			
0.20											
0.40											
0.60											
0.80											
1.00								suelo café oscuro, plástico, consistencia poco dura, húmedo.			
1.20											
1.40											
1.60											
1.80											
2.00								Suelo arenoso, consistencia dura, húmedo, poco plástico			
2.20											
2.40											
2.60											
2.80											
3.00											
OBSERVACIONES:											
InGeotec											

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana
Solicitante Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Código del Proyecto ---
Ubicación de Proyecto Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca. Fecha de Ensayo: 16-abr-21
Material Muestra alterada Página: 1 de 1

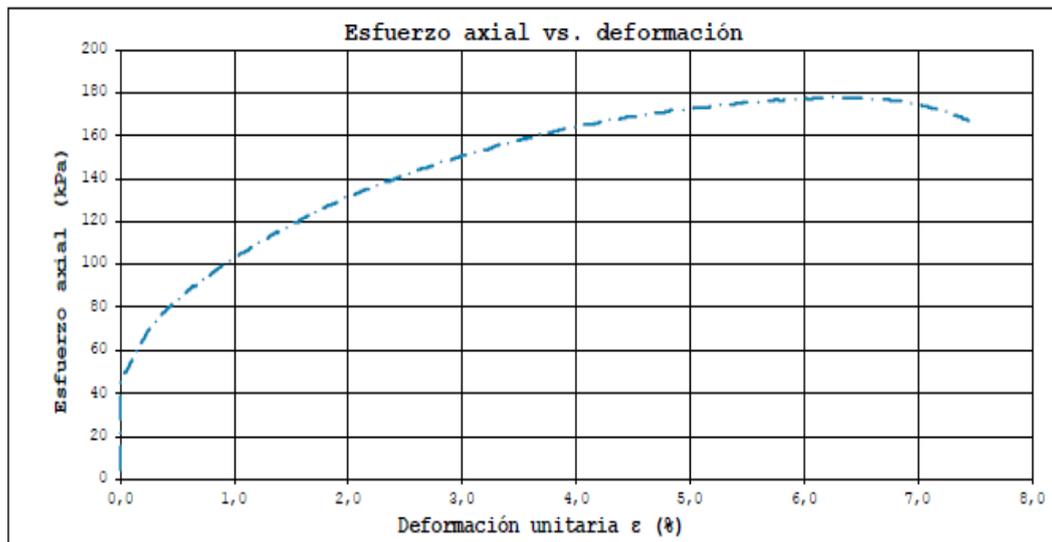
Código de Muestra --- Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata Calicata 1 Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra M2
Profundidad 3.0 m.

Descripción de la muestra:

Tipo de Falla: Mixta

Datos de la muestra:

Diámetro	47,200 mm
Área	1749,741 mm ²
Altura	101,200 mm
Volumen	177,074 cm ³
Masa del suelo húmedo	373,020 g
Masa suelo seco	310,370 g
Contenido de Humedad	20,188 %
Dens. húmeda	2,107 gr/cm ³
Dens. seca	1,753 gr/cm ³



qu = 178,0 kPa
Cohesión Cu = 89,0 kPa
Carga de rotura = 0,332 kN
Deformación axial a rotura = 6,285 mm
Deformación unitaria de rotura ε = 6,2 (%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

Calicata 2

InGeoTec		INFORME									
Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón		PERFIL ESTRATIGRAFICO									
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.										
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez										
Código del Proyecto:	---										
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.					Fecha de Ensayo:					30/03/2021
Material:	---					Página:					1 de 1
Código de Muestra:	---					Muestreado por :					Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata:	Calicata 2					Ensayado por :					Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	MI										
Profundidad	3.0 m.										
REGISTRO DE SONDAJES											
Prof. (m)	Perfil	% GD	LL	IP	% Gravas	% Arenas	% Finos	DESCRIPCIÓN	S U C S	REGISTRO FOTOGRÁFICO	
0,00	[Color brown with diagonal lines]										
0,20											
0,40											
0,60											
0,80											
1,00											
1,20											
1,40											
1,60											
1,80											
2,00											
2,20											
2,40											
2,60											
2,80											
3,00											
<p>Suelo limo arcilloso, color café claro, húmedo, consistencia poco dura.</p>											
OBSERVACIONES:											
InGeotec											

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.
Solicitante Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Código del Proyecto ---
Ubicación de Proyecto Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca. Fecha de Ensayo: 16-abr-21
Material Muestra alterada Página: 1 de 1

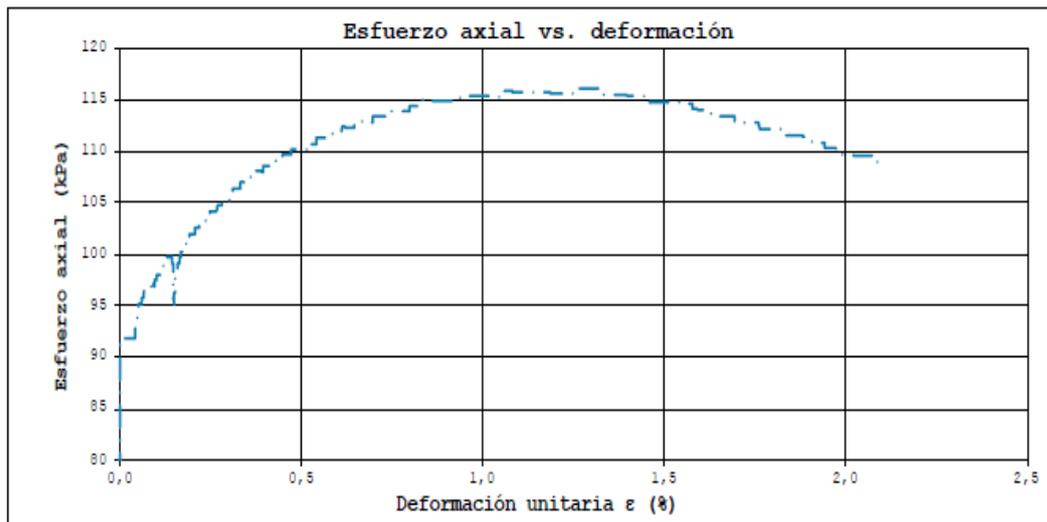
Código de Muestra --- Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata Calicata 2 Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra M3
Profundidad 3.0 M.

Descripción de la muestra:

Tipo de Falla: Mixta

Datos de la muestra:

Diámetro	47,100 mm
Area	1742,335 mm ²
Altura	100,060 mm
Volumen	174,338 cm ³
Masa del suelo húmedo	370,650 g
Masa suelo seco	321,196 g
Contenido de Humedad	15,397 %
Dens. húmeda	2,126 gr/cm ³
Dens. seca	1,842 gr/cm ³



qu = 116,2 kPa
Cohesión Cu = 58,1 kPa
Carga de rotura = 0,205 kN
Deformación axial a rotura = 1,254 mm
Deformación unitaria de rotura ε = 1,3 (%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

Calicata 3

		INFORME										
Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón		PERFIL ESTRATIGRAFICO										
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.											
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez											
Código del Proyecto:	---											
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.					Fecha de Ensayo: 30/03/2021						
Material:	---					Página: 1 de 1						
Código de Muestra:	---					Muestreado por : Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez						
Sondaje / Calicata:	Calicata 3					Ensayado por : Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez						
N° de Muestra:	M1											
Profundidad	3.0 m.											
REGISTRO DE SONDAJES												
Prof. (m)	Perfil	ω	LL	IP	Gravas	Arenas	Finos	DESCRIPCIÓN	S U C S	REGISTRO FOTOGRÁFICO		
0,00												
0,20												
0,40												
0,60								Suelo limo arcilloso, color café claro, húmedo, consistencia poco dura.				
0,80												
1,00												
1,20												
1,40												
1,60								suelo café oscuro, plástico, consistencia poco dura, húmedo.				
1,80												
2,00												
2,20												
2,40												
2,60								Suelo arenoso, consistencia dura, húmedo, poco plástico				
2,80												
3,00												
OBSERVACIONES:												
												

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto	---	
Ubicación de Proyecto	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 15-abr-21
Material	Muestra alterada	Página: 1 de 1

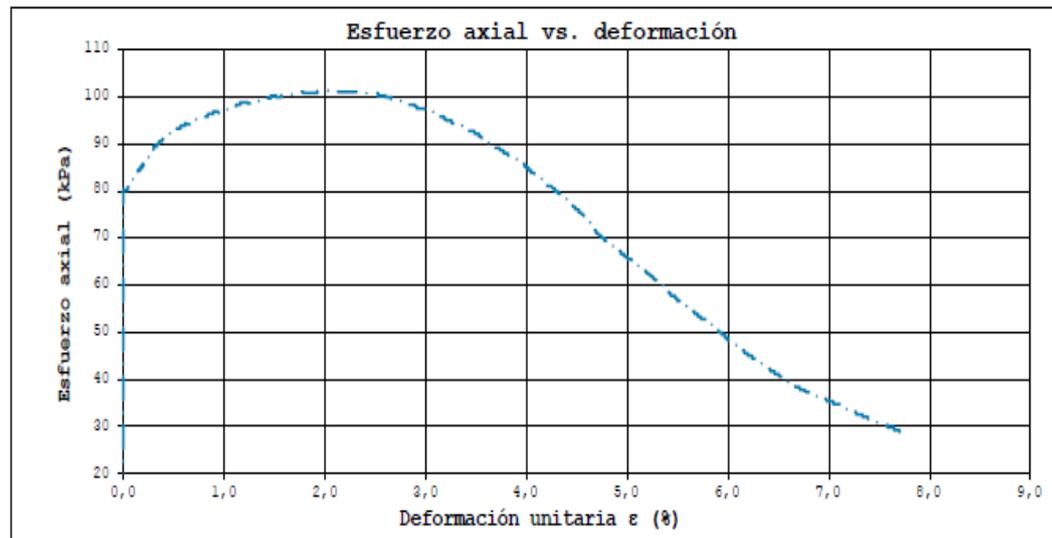
Código de Muestra	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	Calicata 3	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	M3		
Profundidad	3.0 m.		

Descripción de la muestra:

Tipo de Falla: Mixta

Datos de la muestra:

Diámetro	47,500 mm
Área	1772,055 mm ²
Altura	101,300 mm
Volumen	179,509 cm ³
Masa del suelo húmedo	377,650 g
Masa suelo seco	331,911 g
Contenido de Humedad	13,781 %
Dens. húmeda	2,104 gr/cm ³
Dens. seca	1,849 gr/cm ³

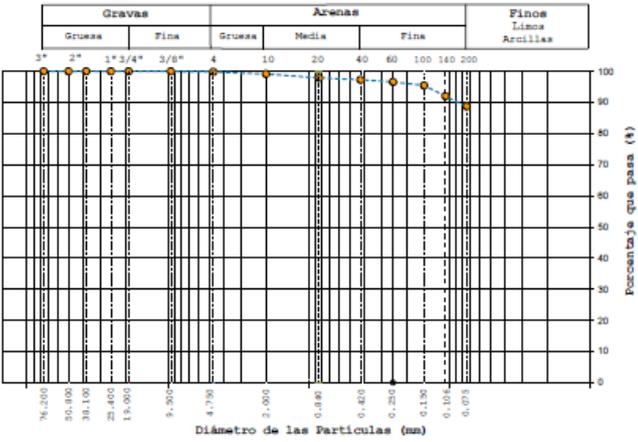
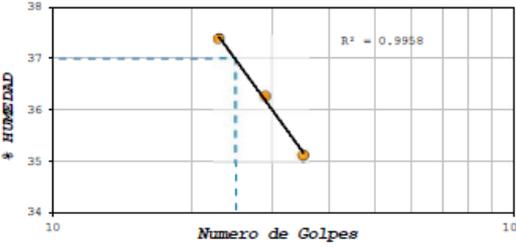


qu =	101,3	kPa
Cohesión Cu =	50,6	kPa
Carga de rotura =	0,183	kN
Deformación axial a rotura =	1,946	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	1,9	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

Anexo 2

Perforacion Pozo 1

 <p>InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	<p>ASTM D3282-15/ D2487-17</p> <p>ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS</p>																																																												
<p>Proyecto : Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana. Solicitante : Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez Código del Proyecto : --- Ubicación de Proyecto : Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca. Fecha de Ensayo: 04/03/2021 Material : Relleno Página: 1 de 1</p>																																																													
<p>Código de Muestra : --- Muestreado por : Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez Sondaje / Calicata : Pozo 01 Ensayado por : Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez N° de Muestra : M1 Profundidad : 0 = 1 m.</p>																																																													
<p>Masa inicial seca = 915.00 g Masa lavada y seca = 103.65 g</p> <p>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>MASA RETENIDA (g)</th> <th>PORCENTAJE QUE PASA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3"</td><td>76.200</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.800</td><td>0.00</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>38.100</td><td>0.00</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.400</td><td>0.00</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.000</td><td>0.00</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.500</td><td>0.00</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>N° 4</td><td>4.750</td><td>1.86</td><td>99.8</td></tr> <tr><td>N° 10</td><td>2.000</td><td>5.74</td><td>99.2</td></tr> <tr><td>N° 20</td><td>0.840</td><td>11.78</td><td>97.9</td></tr> <tr><td>N° 40</td><td>0.425</td><td>5.64</td><td>97.3</td></tr> <tr><td>N° 60</td><td>0.250</td><td>6.16</td><td>96.6</td></tr> <tr><td>N° 100</td><td>0.150</td><td>10.24</td><td>95.5</td></tr> <tr><td>N° 140</td><td>0.106</td><td>31.58</td><td>92.0</td></tr> <tr><td>N° 200</td><td>0.075</td><td>30.00</td><td>88.7</td></tr> </tbody> </table>	TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA	3"	76.200	0.00	100.00	2"	50.800	0.00	100.0	1 1/2"	38.100	0.00	100.0	1"	25.400	0.00	100.0	3/4"	19.000	0.00	100.0	3/8"	9.500	0.00	100.0	N° 4	4.750	1.86	99.8	N° 10	2.000	5.74	99.2	N° 20	0.840	11.78	97.9	N° 40	0.425	5.64	97.3	N° 60	0.250	6.16	96.6	N° 100	0.150	10.24	95.5	N° 140	0.106	31.58	92.0	N° 200	0.075	30.00	88.7	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA																																																										
3"	76.200	0.00	100.00																																																										
2"	50.800	0.00	100.0																																																										
1 1/2"	38.100	0.00	100.0																																																										
1"	25.400	0.00	100.0																																																										
3/4"	19.000	0.00	100.0																																																										
3/8"	9.500	0.00	100.0																																																										
N° 4	4.750	1.86	99.8																																																										
N° 10	2.000	5.74	99.2																																																										
N° 20	0.840	11.78	97.9																																																										
N° 40	0.425	5.64	97.3																																																										
N° 60	0.250	6.16	96.6																																																										
N° 100	0.150	10.24	95.5																																																										
N° 140	0.106	31.58	92.0																																																										
N° 200	0.075	30.00	88.7																																																										
<p>CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td><td>11.7</td></tr> <tr><td>MÉTODO DE SECADO</td><td>Horno a 110 +/-5°C</td></tr> <tr><td>MÉTODO DE REPORTE</td><td>"B"</td></tr> <tr><td>MATERIALES EXCLUIDOS</td><td>Ninguno</td></tr> <tr><td>PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA</td><td>Secada al horno a 110 +/- 5°C</td></tr> <tr><td>PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO</td><td>tamizado integral</td></tr> <tr><td>TAMIZ SEPARADOR</td><td>Ninguno</td></tr> <tr><td>MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS</td><td>"B"</td></tr> </table>	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.7	MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C	MÉTODO DE REPORTE	"B"	MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno	PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C	PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral	TAMIZ SEPARADOR	Ninguno	MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"	<p>NOTAS SOBRE LA MUESTRA</p> <p>Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo</p>																																												
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.7																																																												
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C																																																												
MÉTODO DE REPORTE	"B"																																																												
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno																																																												
PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C																																																												
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral																																																												
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno																																																												
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"																																																												
<p>LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>LÍMITE LÍQUIDO</td><td>37</td></tr> <tr><td>LÍMITE PLÁSTICO</td><td>23</td></tr> <tr><td>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</td><td>14</td></tr> <tr><td>ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)</td><td>1.8</td></tr> <tr><td>ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)</td><td>-0.8</td></tr> <tr><td>MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO</td><td>Multipunto</td></tr> </table>	LÍMITE LÍQUIDO	37	LÍMITE PLÁSTICO	23	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	14	ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	1.8	ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-0.8	MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto	<p>GRÁFICO DE FLUIDEZ</p> 																																																
LÍMITE LÍQUIDO	37																																																												
LÍMITE PLÁSTICO	23																																																												
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	14																																																												
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	1.8																																																												
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-0.8																																																												
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto																																																												
<p>COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCION AL TAMAÑO DE PARTICULAS</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %</td><td>11.1</td></tr> <tr><td>CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %</td><td>88.7</td></tr> </table>	CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.2	CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	11.1	CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	88.7	<p>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>CLASIFICACION SUCS (ASTM D2487)</td><td>CL</td></tr> <tr><td>CLASIFICACION AASHTO (ASTM D3282)</td><td>A-6 (10)</td></tr> <tr><td>NOMBRE DEL GRUPO</td><td>Arcilla de baja plasticidad</td></tr> </table>	CLASIFICACION SUCS (ASTM D2487)	CL	CLASIFICACION AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (10)	NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad																																																
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.2																																																												
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	11.1																																																												
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	88.7																																																												
CLASIFICACION SUCS (ASTM D2487)	CL																																																												
CLASIFICACION AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (10)																																																												
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad																																																												
<p>PERDIDA POR PROCESAMIENTO</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>CRITERIO</td><td>-</td><td>0.5%</td></tr> <tr><td>FASE DE ENSAYO</td><td>Lavado</td><td>Tamizado</td></tr> <tr><td>TOLERANCIA</td><td>-</td><td>0.2%</td></tr> </table>	CRITERIO	-	0.5%	FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado	TOLERANCIA	-	0.2%																																																				
CRITERIO	-	0.5%																																																											
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado																																																											
TOLERANCIA	-	0.2%																																																											
																																																													



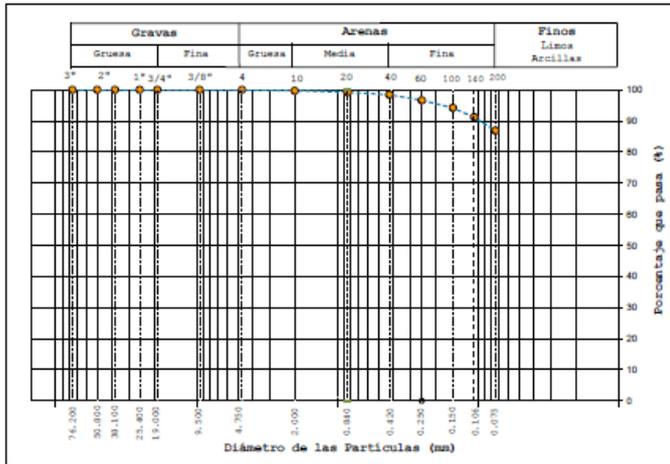
ASTM D3282-15/ D2487-17

ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto	: Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	04/03/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 01	Ensayado por	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M2		
Profundidad	: 1 - 4 m.		

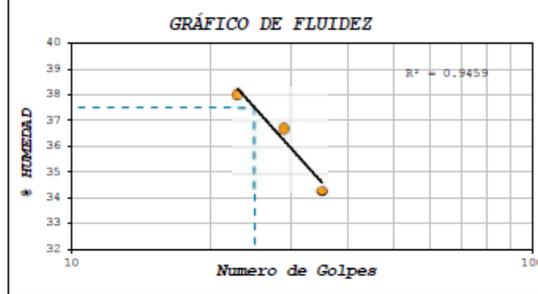
Masa inicial seca =	940.00 g		
Masa lavada y seca =	125.90 g		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMISADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	0.00	100.0
N° 4	4.750	0.19	100.0
N° 10	2.000	2.56	99.7
N° 20	0.840	4.83	99.2
N° 40	0.425	7.47	98.4
N° 60	0.250	16.79	96.6
N° 100	0.150	23.12	94.2
N° 140	0.106	28.00	91.2
N° 200	0.075	40.58	86.9



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15.0
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secado al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	38
LÍMITE PLÁSTICO	24
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	14
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	1.7
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-0.7
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (9)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS		
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %		0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %		13.1
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %		86.9
PÉRDIDA POR PROCESAMIENTO		
CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.1%



Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

ASTM D3282-15/ D2487-17

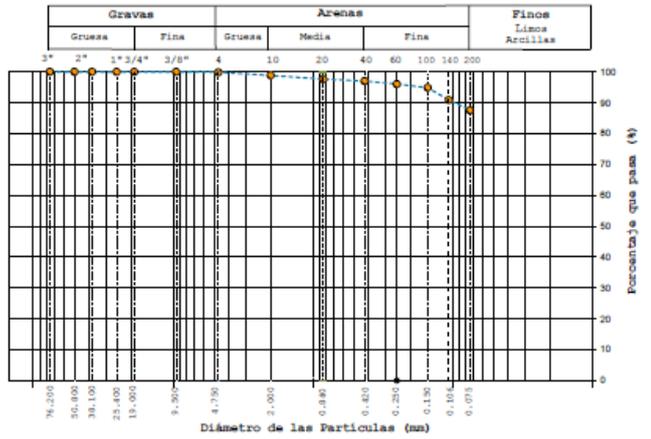
ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	04/03/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 01	Muestreado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M2		
Profundidad	: 4 - 5 m.		

Masa inicial seca = 895.00 g
Masa lavada y seca = 112.34 g

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMISADO
ASTM D6913

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	100.00
N° 4	4.750	1.33	99.9
N° 10	2.000	9.39	98.8
N° 20	0.840	10.46	97.6
N° 40	0.425	5.83	97.0
N° 60	0.250	8.60	96.0
N° 100	0.150	10.63	94.8
N° 140	0.106	35.20	90.9
N° 200	0.075	30.03	87.5



CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216

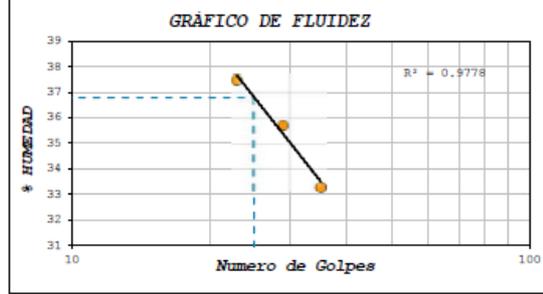
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.8
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMISADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"

LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D4318

LÍMITE LÍQUIDO	37
LÍMITE PLÁSTICO	23
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	14
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	1.7
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-0.7
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto



COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTICULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.1
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	12.3
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	87.5

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (9)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad

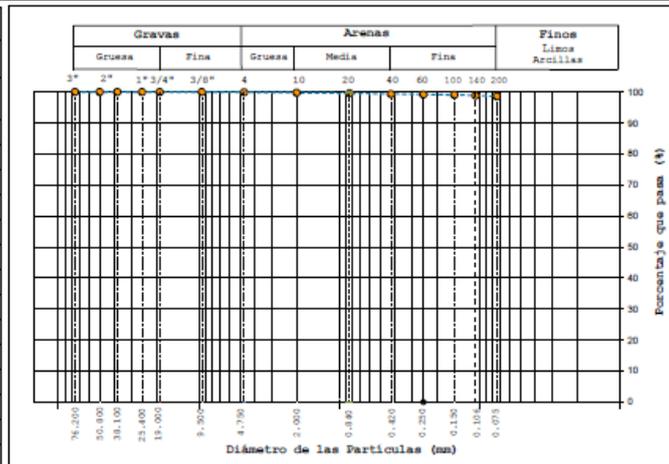
PERDIDA POR PROCESAMIENTO	
CRITERIO	- 0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado Tamizado
TOLERANCIA	- 0.4%

ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Ingeniería y Geotécnica
 Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto	: Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	04/03/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 01	Ensayado por	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Nº de Muestra	: M4		
Profundidad	: 5 - 8 m.		

Masa inicial seca =	960.00 g		
Masa lavada y seca =	13.78 g		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	0.00	100.0
Nº 4	4.750	1.16	99.9
Nº 10	2.000	1.40	99.7
Nº 20	0.840	1.60	99.6
Nº 40	0.425	1.84	99.4
Nº 60	0.250	1.70	99.2
Nº 100	0.150	1.20	99.1
Nº 140	0.106	2.05	98.9
Nº 200	0.075	2.72	98.6

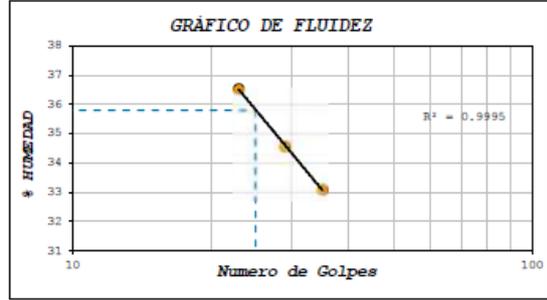


CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.4
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secado al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	36
LÍMITE PLÁSTICO	23
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	13
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.1
ÍNDICE DE LIQUEZ (IL)	-1.1
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto



COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCION AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.1
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	1.3
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	98.6

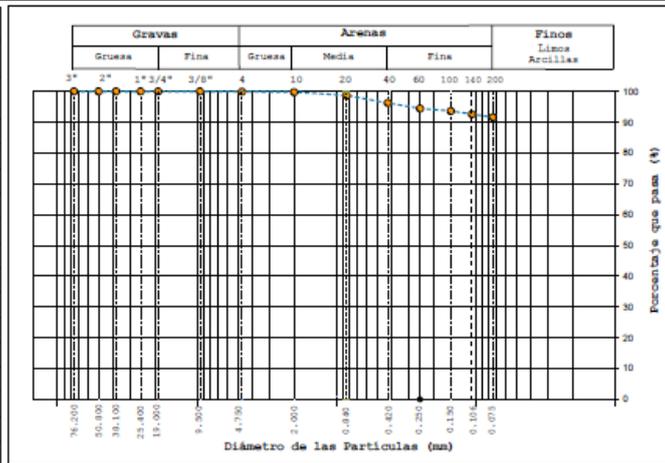
CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (11)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad

PERDIDA POR PROCESAMIENTO		
CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.2%

ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	04/03/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por :	Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 01	Ensayado por :	Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M5		
Profundidad	: 8 - 9 m.		

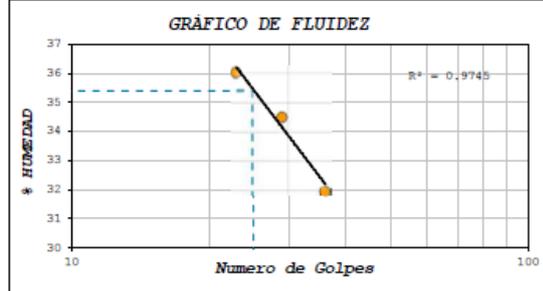
Masa inicial seca =	1014.00 g		
Masa lavada y seca =	85.30 g		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMISADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	0.00	100.0
N° 4	4.750	0.96	99.9
N° 10	2.000	1.28	99.8
N° 20	0.840	10.84	98.7
N° 40	0.425	24.79	96.3
N° 60	0.250	18.28	94.5
N° 100	0.150	8.36	93.6
N° 140	0.106	10.11	92.6
N° 200	0.075	10.42	91.6



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.0
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	35
LÍMITE PLÁSTICO	23
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	12
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.2
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-1.2
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (10)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTICULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.1
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	8.3
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	91.6
PERDIDA POR PROCESAMIENTO	
CRITERIO	-
FASE DE ENSAYO	Levado Tamizado
TOLERANCIA	-

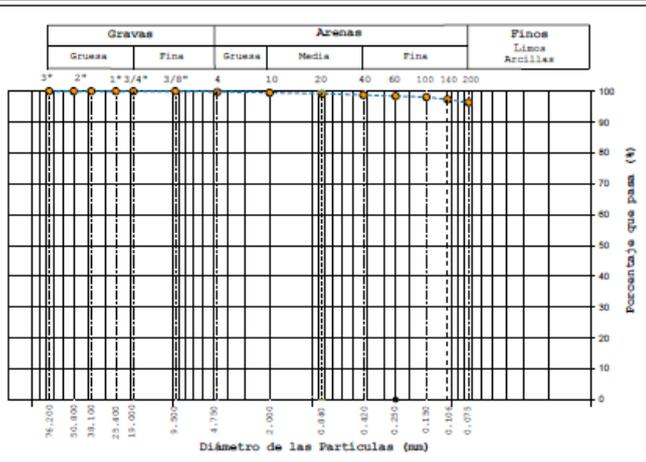


ASTM D3282-15/ D2487-17

ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	04/03/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 01	Ensayado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M6		
Profundidad	: 9 - 11 m.		

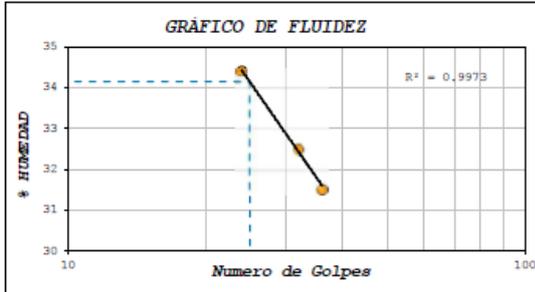
Masa inicial seca =	1050.00 g		
Masa lavada y seca =	39.00 g		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMISADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	0.00	100.0
N° 4	4.750	2.37	99.8
N° 10	2.000	2.50	99.5
N° 20	0.840	3.74	99.2
N° 40	0.425	4.28	98.8
N° 60	0.250	3.84	98.4
N° 100	0.150	3.26	98.1
N° 140	0.106	8.28	97.3
N° 200	0.075	10.33	96.3



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15.2
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMISADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	34
LÍMITE PLÁSTICO	23
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	11
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	1.7
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-0.7
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (10)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTICULAS		
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.2	
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	3.5	
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	96.3	
PERDIDA POR PROCESAMIENTO		
CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.3%



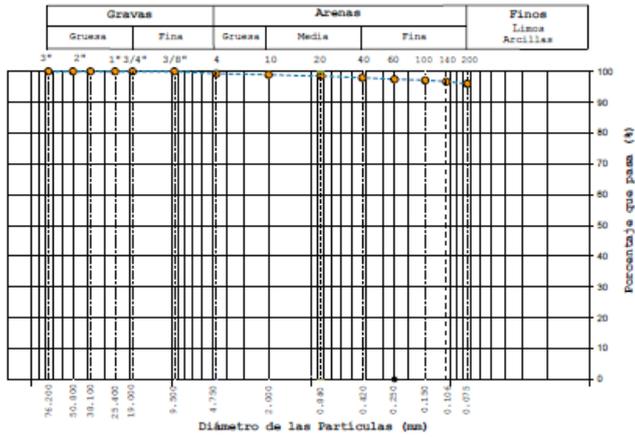
Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

ASTM D3282-15/ D2487-17

ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	04/03/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Maestreado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 01	Ensayado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M7		
Profundidad	: 11 - 12 m.		

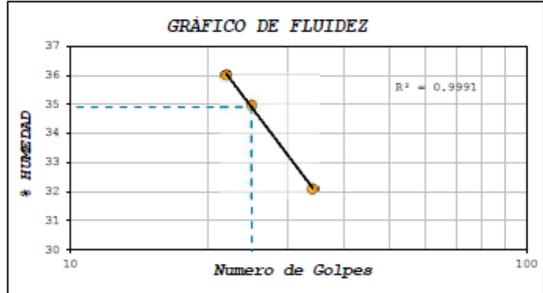
Massa inicial seca =	392.00 g		
Massa lavada y seca =	15.63 g		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMISADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	0.00	100.0
N° 4	4.750	2.77	99.3
N° 10	2.000	1.42	98.9
N° 20	0.840	1.81	98.5
N° 40	0.425	2.11	97.9
N° 60	0.250	1.86	97.5
N° 100	0.150	1.36	97.1
N° 140	0.106	1.60	96.7
N° 200	0.075	2.60	96.0



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	73.4
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMISADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	35
LÍMITE PLÁSTICO	24
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	11
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	-3.5
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	4.5
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

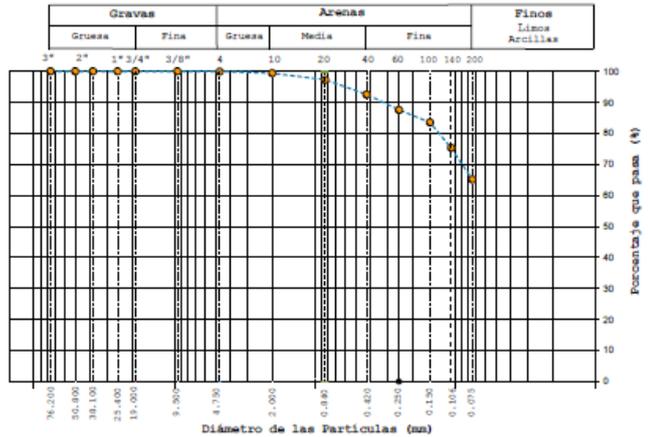
CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	(10)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTICULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.7
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	3.3
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	96.0
PERDIDA POR PROCESAMIENTO	
CRITERIO	-
FASE DE ENSAYO	Levado Tamizado
TOLERANCIA	- 0.1%

ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	04/03/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 01	Ensayado por	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M7		
Profundidad	: 12 - 15 m.		

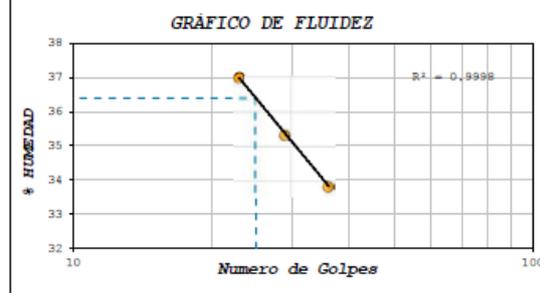
Masa inicial seca =	308.00 g		
Masa lavada y seca =	107.85 g		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMISADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	0.00	100.0
N° 4	4.750	0.18	99.9
N° 10	2.000	1.67	99.4
N° 20	0.840	6.57	97.3
N° 40	0.425	14.57	92.5
N° 60	0.250	15.29	87.6
N° 100	0.150	12.43	83.5
N° 140	0.106	25.30	75.3
N° 200	0.075	31.38	65.1



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	235.6
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secado al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMISADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	36
LÍMITE PLÁSTICO	24
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	12
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	-16.1
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	17.1
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACION SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACION AASHTO (ASTM D2922)	A-6 (5)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla arenosa de baja plasticidad

COMPOSICION FISICA DEL SUELO EN FUNCION AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS		
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.1	
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	34.8	
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	65.1	
PERDIDA POR PROCESAMIENTO		
CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.1%

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	---		
Ubicación de Proyecto	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	31-mar-21
Material	Muestra alterada	Página:	1 de 1

Código de Muestra	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	M2	
Profundidad	2.0 m.	

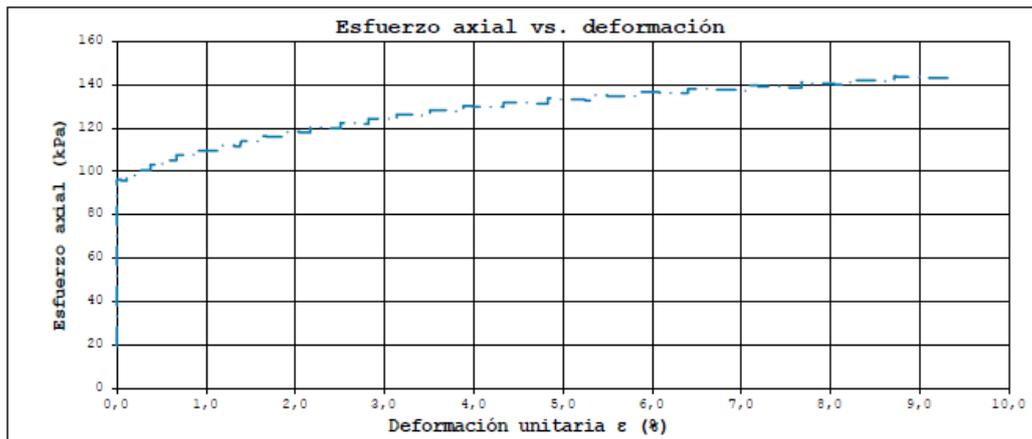
Descripción de la muestra:

Arcilla de baja plasticidad

Tipo de Falla: Mixta

Datos de la muestra:

Diámetro	38,060 mm
Area	1137,699 mm ²
Altura	65,200 mm
Volumen	74,178 cm ³
Masa del suelo húmedo	176,120 g
Masa suelo seco	147,258 g
Contenido de Humedad	19,600 %
Dens. húmeda	2,374 gr/cm ³
Dens. seca	1,985 gr/cm ³



qu =	143,8	kPa
Cohesión Cu =	71,9	kPa
Carga de rotura =	0,064	kN
Deformación axial a rotura =	5,685	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	8,7	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

 Ingeniería y Geotécnica
 Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	---		
Ubicación de Proyecto	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	31-mar-21
Material	Muestra alterada	Página:	1 de 1

Código de Muestra	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	C2	
Profundidad	4,0 m.	

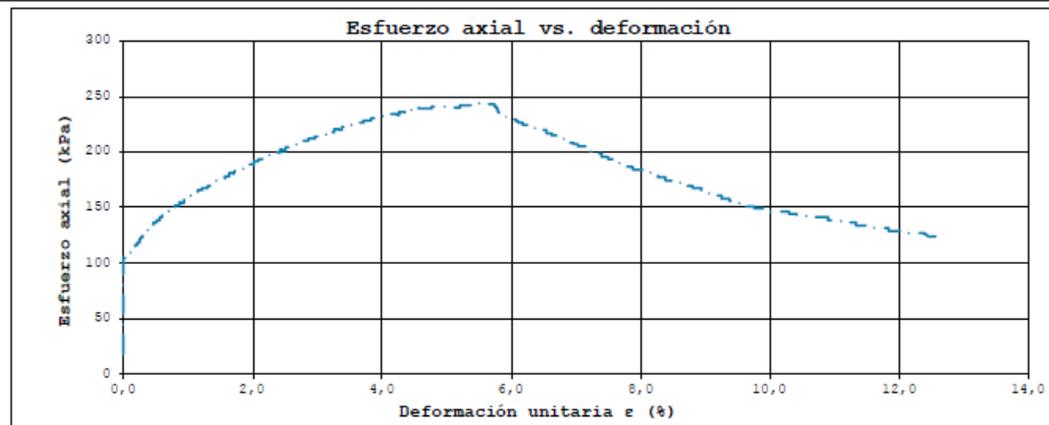
Descripción de la muestra:

Arcilla de baja plasticidad

Tipo de Falla: Frágil

Datos de la muestra:

Diámetro	37,760 mm
Área	1119,835 mm ²
Altura	79,000 mm
Volumen	89,467 cm ³
Masa del suelo húmedo	176,120 g
Masa suelo seco	147,258 g
Contenido de Humedad	19,600 %
Dens. húmeda	1,991 gr/cm ³
Dens. seca	1,668 gr/cm ³



qu =	243,8	kPa
Cohesión Cu =	121,9	kPa
Carga de rotura =	0,111	kN
Deformación axial a rotura =	4,272	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	5,4	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	---		
Ubicación de Proyecto	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	31-mar-21
Material	Muestra inalterada	Página:	1 de 1

Código de Muestra	--	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	Ful	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	M2		
Profundidad	6.45 m.		

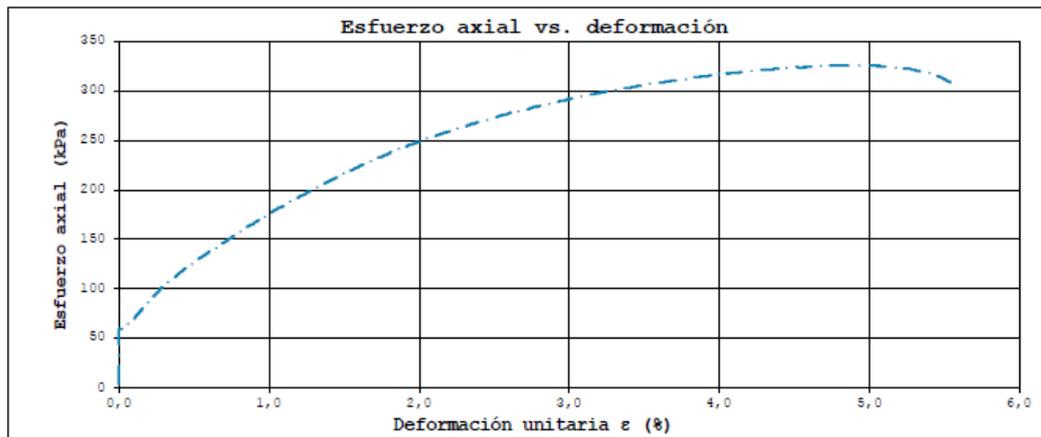
Descripción de la muestra:

Arcilla de baja plasticidad

Tipo de Falla: Mixta

Datos de la muestra:

Diámetro	60,260 mm
Area	2851,991 mm ²
Altura	120,160 mm
Volumen	342,695 cm ³
Masa del suelo húmedo	723,880 g
Masa suelo seco	637,218 g
Contenido de Humedad	13,600 %
Dens. húmeda	2,112 gr/cm ³
Dens. seca	1,859 gr/cm ³



qu =	326,3	kPa
Cohesión Cu =	163,2	kPa
Carga de rotura =	0,815	kN
Deformación axial a rotura =	5,817	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	4,8	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

Perforacion Pozo 2

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnia Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón		ASTM D2216-19	
		MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	1 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz2	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M1		
Profundidad	1.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	21		
Masa del recipiente, g	17.18		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	52.2		
Masa del recipiente con muestra seca, g	48.07		
Contenido de humedad	13.4%		
Contenido de humedad: 13.4%			
InGeotec			

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnia Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón		ASTM D2216-19	
		MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	2 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz2	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M2		
Profundidad	2.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	26		
Masa del recipiente, g	16.94		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	59.64		
Masa del recipiente con muestra seca, g	54.65		
Contenido de humedad	13.2%		
Contenido de humedad: 13.2%			
InGeotec			

 InGeoTec <small>Ingeniería y Geotécnica</small> <small>Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</small>		ASTM D2216-19	
		MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	3 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Fz2	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M3		
Profundidad	3.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	24		
Masa del recipiente, g	17.57		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	57.62		
Masa del recipiente con muestra seca, g	52.24		
Contenido de humedad	15.5%		
Contenido de humedad: 15.5%			
InGeotec			

 InGeoTec <small>Ingeniería y Geotécnica</small> <small>Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</small>		ASTM D2216-19	
		MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	4 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Fz2	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M4		
Profundidad	4		
DATOS			
Identificación del recipiente	12		
Masa del recipiente, g	17.22		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	46.22		
Masa del recipiente con muestra seca, g	41.94		
Contenido de humedad	17.3%		
Contenido de humedad: 17.3%			
InGeotec			

 <p>InGeoTec Ingeniería y Geotécnia Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19		
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS		
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	5 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz2	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M5		
Profundidad	5.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	4		
Masa del recipiente, g	17.15		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	52.51		
Masa del recipiente con muestra seca, g	48.21		
Contenido de humedad	13.8%		
Contenido de humedad: 13.8%			
InGeotec			

 <p>InGeoTec Ingeniería y Geotécnia Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19		
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS		
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	6 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz6	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M6		
Profundidad	6.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	19		
Masa del recipiente, g	17.04		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	60		
Masa del recipiente con muestra seca, g	55.41		
Contenido de humedad	12.0%		
Contenido de humedad: 12.0%			
InGeotec			

 <p>InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 7 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz2	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M7	
Profundidad	7.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	17	
Masa del recipiente, g	18.07	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	73.47	
Masa del recipiente con muestra seca, g	66.82	
Contenido de humedad	13.6%	
Contenido de humedad: 13.6%		
		

 <p>InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 8 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz2	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M8	
Profundidad	8.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	7	
Masa del recipiente, g	17.21	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	67.06	
Masa del recipiente con muestra seca, g	59.53	
Contenido de humedad	17.8%	
Contenido de humedad: 17.8%		
		

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón		ASTM D2216-19	
		MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	9 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz2	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M9		
Profundidad	9.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	7		
Masa del recipiente, g	17.21		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	43.89		
Masa del recipiente con muestra seca, g	38.85		
Contenido de humedad	23.3%		
Contenido de humedad: 23.3%			
InGeotec			

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón		ASTM D2216-19	
		MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	10 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz2	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M10		
Profundidad	10.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	3		
Masa del recipiente, g	17.57		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	44.57		
Masa del recipiente con muestra seca, g	40.93		
Contenido de humedad	15.6%		
Contenido de humedad: 15.6%			
InGeotec			

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnia Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón	ASTM D2216-19		
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS		
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	11 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz2	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M11		
Profundidad	11.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	10		
Masa del recipiente, g	17.1		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	45.41		
Masa del recipiente con muestra seca, g	41.23		
Contenido de humedad	17.3%		
Contenido de humedad: 17.3%			
InGeotec			

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnia Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón	ASTM D2216-19		
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS		
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	12 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz2	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M12		
Profundidad	12.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	25		
Masa del recipiente, g	17.37		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	66.27		
Masa del recipiente con muestra seca, g	59.32		
Contenido de humedad	16.6%		
Contenido de humedad: 16.6%			
InGeotec			

 <p>Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19		
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS		
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	13 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz2	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M13		
Profundidad	13.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	8		
Masa del recipiente, g	17.44		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	53.29		
Masa del recipiente con muestra seca, g	48.47		
Contenido de humedad	15.5%		
Contenido de humedad: 15.5%			
			

 <p>Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19		
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS		
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	14 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz2	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M14		
Profundidad	14.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	23		
Masa del recipiente, g	17.34		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	46.96		
Masa del recipiente con muestra seca, g	43.96		
Contenido de humedad	11.3%		
Contenido de humedad: 11.3%			
			

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 15 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz2	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M15	
Profundidad	15.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	13	
Masa del recipiente, g	17.95	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	46.96	
Masa del recipiente con muestra seca, g	43.96	
Contenido de humedad	11.5%	
Contenido de humedad: 11.5%		
		

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 16 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz2	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M16	
Profundidad	16.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	9	
Masa del recipiente, g	17.34	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	47.77	
Masa del recipiente con muestra seca, g	43.75	
Contenido de humedad	15.2%	
Contenido de humedad: 15.2%		
		

 <p>InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 17 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz2	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M17	
Profundidad	17.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	14	
Masa del recipiente, g	18.03	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	47.42	
Masa del recipiente con muestra seca, g	41.96	
Contenido de humedad	22.8%	
Contenido de humedad: 22.8%		
InGeotec		

 <p>InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 18 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz2	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M18	
Profundidad	18.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	20	
Masa del recipiente, g	17.44	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	47.33	
Masa del recipiente con muestra seca, g	43.73	
Contenido de humedad	13.7%	
Contenido de humedad: 13.7%		
InGeotec		

 Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón		ASTM D2216-19	
		MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	19 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Fz2	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M19		
Profundidad	19.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	16		
Masa del recipiente, g	18.02		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	56.82		
Masa del recipiente con muestra seca, g	50.13		
Contenido de humedad	20.8%		
Contenido de humedad: 20.8%			
			

 Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón		ASTM D2216-19	
		MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	20 de 20
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Fz2	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M20		
Profundidad	20.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	22		
Masa del recipiente, g	17.38		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	41.24		
Masa del recipiente con muestra seca, g	37.97		
Contenido de humedad	15.9%		
Contenido de humedad: 15.9%			
			

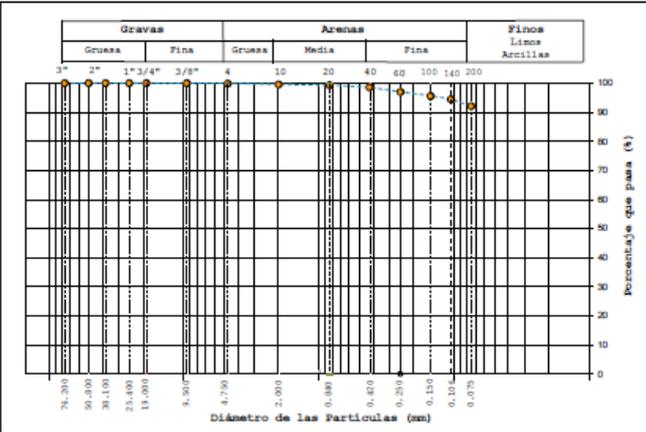
ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto : Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.
Solicitante : Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Código del Proyecto : ---
Ubicación de Proyecto : Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca. Fecha de Ensayo: 31/03/2021
Material : Perforación Página: 1 de 1
Código de Muestra : --- Muestreado por : Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata : Pozo 02 Ensayado por : Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra : M20
Profundidad : 0 - 1 m.

Masa inicial seca = 1216.36 g
Masa lavada y seca = 97.44 g

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D6913**

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	0.00	100.0
N° 4	4.750	1.31	99.9
N° 10	2.000	4.03	99.6
N° 20	0.840	2.95	99.3
N° 40	0.425	9.06	98.6
N° 60	0.250	19.05	97.0
N° 100	0.150	16.83	95.6
N° 140	0.106	14.20	94.5
N° 200	0.075	28.37	92.1

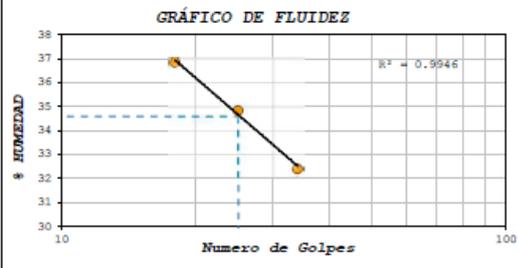


**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216**

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.2
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA: Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



**LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D4318**

LÍMITE LÍQUIDO	35
LÍMITE PLÁSTICO	23
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	12
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	1.8
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-0.8
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

CLASIFICACION SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACION AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (10)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.1
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	7.8
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	92.1

PERDIDA POR PROCESAMIENTO

CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.4%

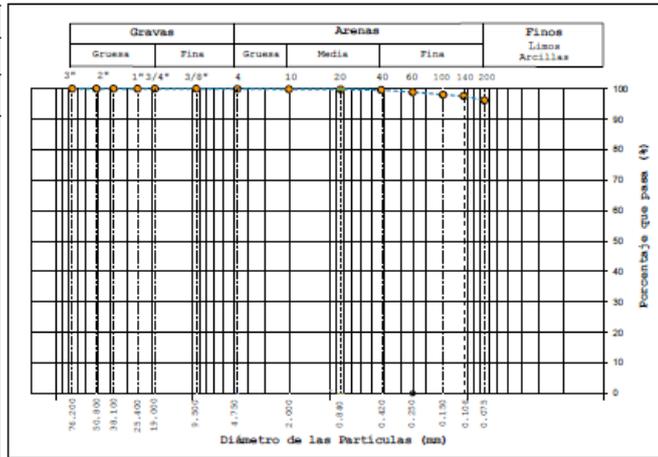
ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	31/03/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 02	Ensayado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M21		
Profundidad	: 1 - 2 m.		

Masa inicial seca = 1087.67 g
Masa lavada y seca = 42.09 g

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMISADO
ASTM D6913**

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	0.00	100.0
N° 4	4.750	0.57	99.9
N° 10	2.000	1.24	99.8
N° 20	0.840	0.81	99.8
N° 40	0.425	2.07	99.6
N° 60	0.250	7.66	98.9
N° 100	0.150	8.90	98.0
N° 140	0.106	5.20	97.6
N° 200	0.075	14.83	96.2



**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216**

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.6
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"A"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

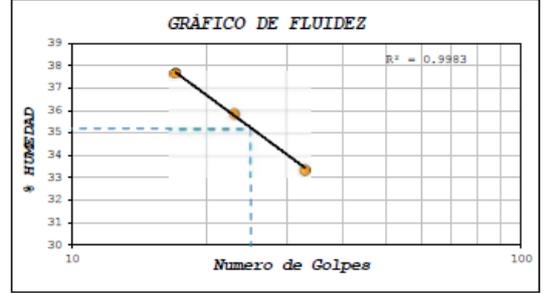
NOTAS SOBRE LA MUESTRA

Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"A"

**LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D4318**

LÍMITE LÍQUIDO	35
LÍMITE PLÁSTICO	24
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	11
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.0
ÍNDICE DE LIQUIDES (IL)	-1.0
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto



COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTICULAS

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.1
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	3.7
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	96.2

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (11)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad

PERDIDA POR PROCESAMIENTO

CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.4%



Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

ASTM D3282-15/ D2487-17

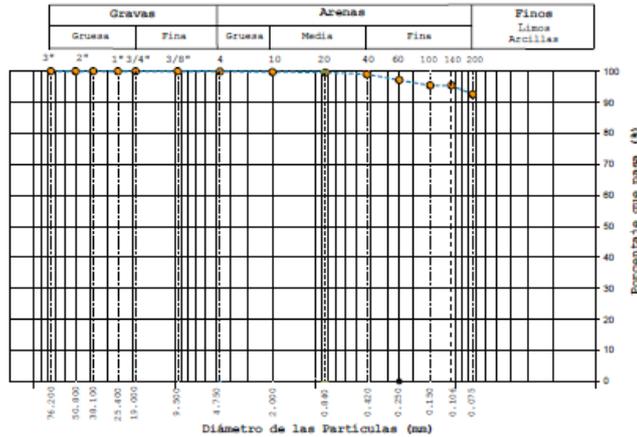
ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	31/03/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 02	Ensayado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M22		
Profundidad	: 2 - 5 m.		

Masa inicial seca = 1378.02 g
Masa lavada y seca = 103.45 g

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D6913**

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	0.00	100.0
N° 4	4.750	1.20	99.9
N° 10	2.000	2.08	99.8
N° 20	0.840	1.98	99.6
N° 40	0.425	8.00	99.0
N° 60	0.250	25.86	97.2
N° 100	0.150	24.13	95.4
N° 140	0.106	0.00	95.4
N° 200	0.075	39.16	92.6



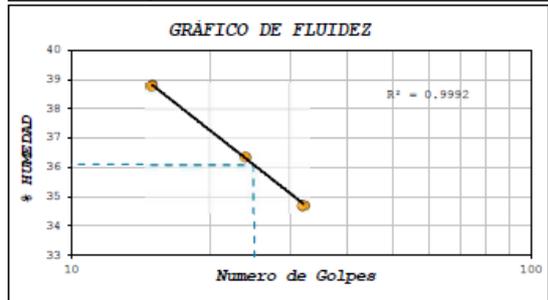
**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216**

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.9
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"A"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA

Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"A"



**LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D4318**

LÍMITE LÍQUIDO	36
LÍMITE PLÁSTICO	25
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	11
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.3
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-1.3
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	ML
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D2282)	A-6 (10)
NOMBRE DEL GRUPO	Limo arenoso

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTICULAS

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.1
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	7.3
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	92.6

PERDIDA POR PROCESAMIENTO

CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.1%



Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

ASTM D3282-15/ D2487-17

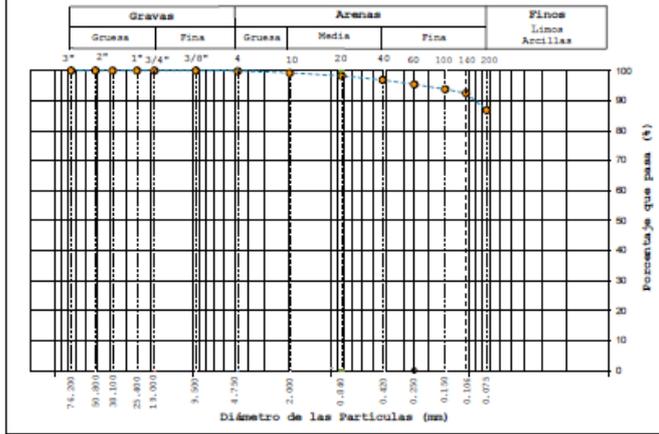
ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto : Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.
Solicitante : Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Código del Proyecto : ---
Ubicación de Proyecto : Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca. Fecha de Ensayo: 31/03/2021
Material : Perforación. Página: 1 de 1
Código de Muestra : --- Muestreado por : Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata : Pozo 02 Ensayado por : Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra : M25
Profundidad : 5 - 6 m.

Masa inicial seca = 1404.03 g
Masa lavada y seca = 184.40 g

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D6913**

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	0.00	100.0
N° 4	4.750	2.08	99.9
N° 10	2.000	8.54	99.2
N° 20	0.840	13.87	98.3
N° 40	0.425	18.63	96.9
N° 60	0.250	21.67	95.4
N° 100	0.150	22.32	93.8
N° 140	0.106	18.23	92.5
N° 200	0.075	79.61	86.8

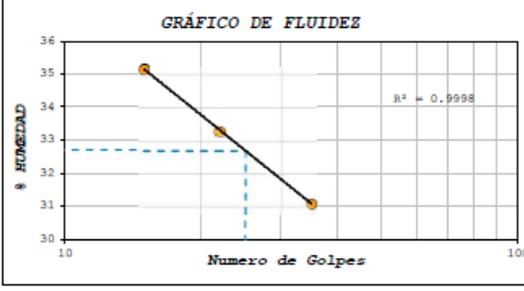


**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216**

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.8
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"A"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA: Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"A"



**LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D4318**

LÍMITE LÍQUIDO	33
LÍMITE PLÁSTICO	21
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	12
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	1.7
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-0.7
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (S)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTICULAS

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.1
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	13.0
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	86.8

PERDIDA POR PROCESAMIENTO

CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado / Tamizado	
TOLERANCIA	-	0.5%

ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

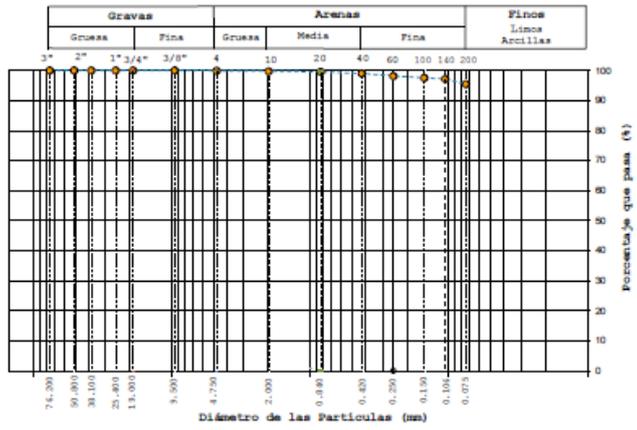
 Ingeniería y Geotécnica
 Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto : Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.
 Solicitante : Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
 Código del Proyecto : ---
 Ubicación de Proyecto : Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca. Fecha de Ensayo: 31/03/2021
 Material : Perforación. Página: 1 de 1
 Código de Muestra : --- Muestreado por : Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
 Sondaje / Calicata : Pozo 02 Ensayado por : Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
 N° de Muestra : M26
 Profundidad : 6 - 8 m.

Masa inicial seca = 1422.67 g
 Masa lavada y seca = 64.02 g

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMISADO
ASTM D6913**

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	100.00
N° 4	4.750	0.92	99.9
N° 10	2.000	1.96	99.8
N° 20	0.840	3.54	99.5
N° 40	0.425	7.16	99.0
N° 60	0.250	12.10	98.2
N° 100	0.150	9.56	97.5
N° 140	0.106	5.22	97.2
N° 200	0.075	22.91	95.5



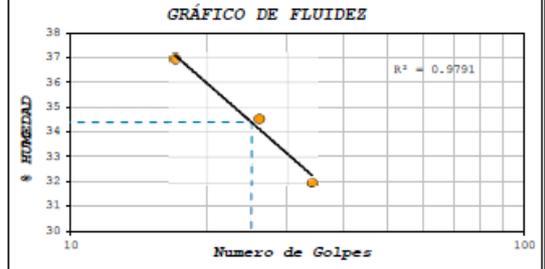
**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216**

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.0
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"A"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno
PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMISADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"A"

NOTAS SOBRE LA MUESTRA: Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

**LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D4318**

LÍMITE LÍQUIDO	34
LÍMITE PLÁSTICO	24
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	10
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.3
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-1.3
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto



COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTICULAS

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.1
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	4.4
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	95.5

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	ML
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	(10)
NOMBRE DEL GRUPO	Limo arenoso

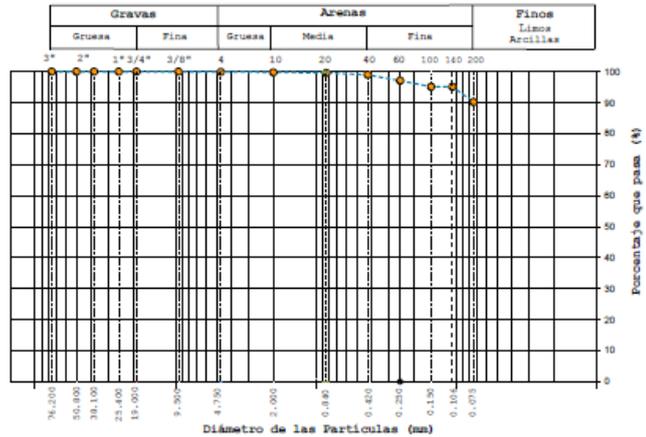
PERDIDA POR PROCESAMIENTO

CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.2%

ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	31/03/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo G2	Ensayado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M28		
Profundidad	: 8 - 11 m.		

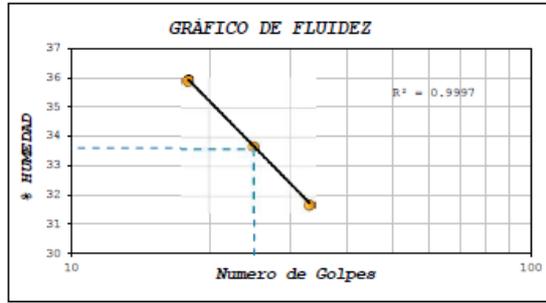
Masa inicial seca =	1298.95 g		
Masa lavada y seca =	127.78 g		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	0.00	100.0
N° 4	4.750	0.91	99.9
N° 10	2.000	1.89	99.8
N° 20	0.840	2.09	99.6
N° 40	0.425	8.39	99.0
N° 60	0.250	24.46	97.1
N° 100	0.150	29.52	95.1
N° 140	0.106	0.00	95.1
N° 200	0.075	64.12	90.2



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.2
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"A"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno
PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"A"

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	34
LÍMITE PLÁSTICO	23
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	11
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.2
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-1.2
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto



COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.1
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	9.7
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	90.2

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACION SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D2282)	(6)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad

PERDIDA POR PROCESAMIENTO		
CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.2%



Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

ASTM D3282-15/ D2487-17

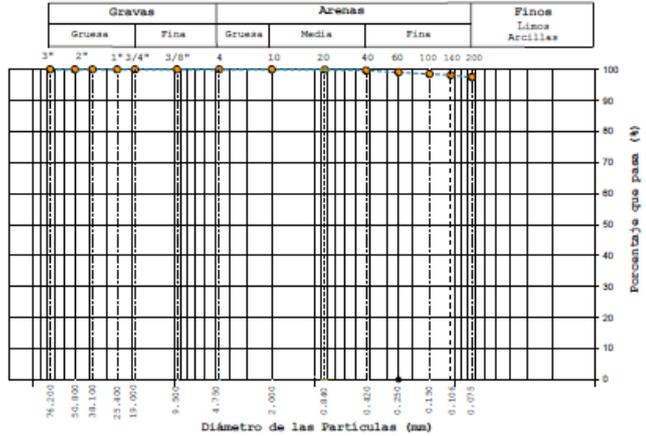
ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto : Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.
Solicitante : Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Código del Proyecto : ---
Ubicación de Proyecto : Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca. Fecha de Ensayo: 31/03/2021
Material : Perforación. Página: 1 de 1
Código de Muestra : --- Muestreado por : Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata : Pozo 02 Ensayado por : Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra : M211
Profundidad : 11 - 12 m.

Masa inicial seca = 1159.43 g
Masa lavada y seca = 29.40 g

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D6913

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	0.00	100.0
N° 4	4.750	0.00	100.0
N° 10	2.000	0.30	100.0
N° 20	0.840	0.74	99.9
N° 40	0.425	2.73	99.7
N° 60	0.250	7.14	99.1
N° 100	0.150	5.99	98.5
N° 140	0.106	4.52	98.2
N° 200	0.075	7.40	97.5



CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216

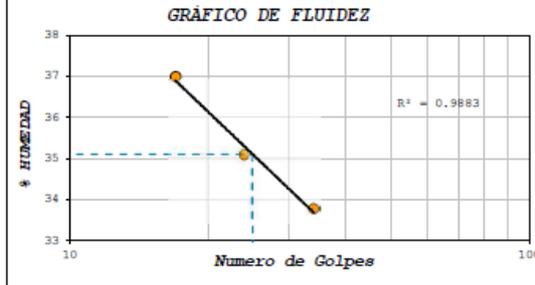
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.3
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"A"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA: Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"A"

LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D4318

LÍMITE LÍQUIDO	35
LÍMITE PLÁSTICO	24
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	11
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.1
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-1.1
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto



COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	2.5
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	97.5

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

CLASIFICACION SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACION AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (11)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad

PERDIDA POR PROCESAMIENTO		
CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.3%



Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

ASTM D3282-15/ D2487-17

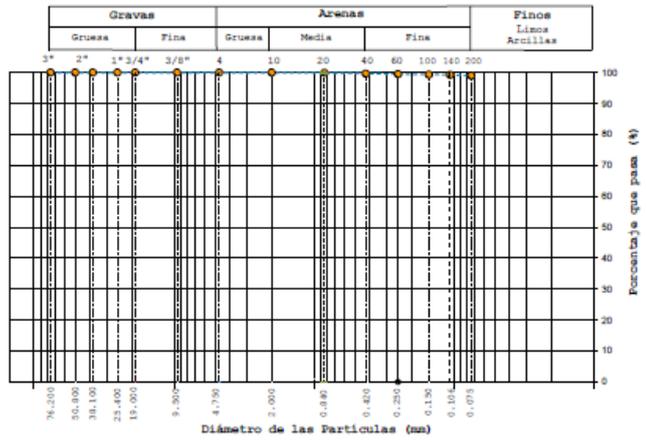
ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	31/03/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 02	Ensayado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M2X		
Profundidad	: 14 - 16 m.		

Masa inicial seca = 1177.20 g
Masa lavada y seca = 11.50 g

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D6913

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	100.00
N° 4	4.750	0.00	100.00
N° 10	2.000	0.31	100.00
N° 20	0.840	1.12	99.9
N° 40	0.425	2.01	99.7
N° 60	0.250	2.74	99.5
N° 100	0.150	1.57	99.3
N° 140	0.106	0.98	99.3
N° 200	0.075	2.64	99.0



CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216

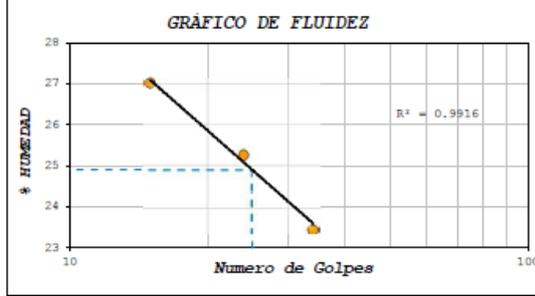
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.9
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"A"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"A"

LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D4318

LÍMITE LÍQUIDO	25
LÍMITE PLÁSTICO	18
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	7
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	3.3
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-2.3
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto



COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	1.0
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	99.0

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL - ML
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-4 (8)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla limosa de baja plasticidad

PERDIDA POR PROCESAMIENTO

CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.3%



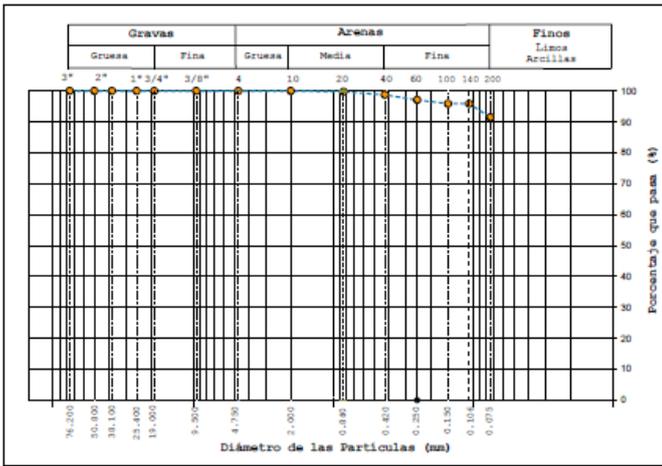
Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

ASTM D3282-15/ D2487-17

ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	31/03/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 02	Ensayado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M216		
Profundidad	: 16 - 19 m.		

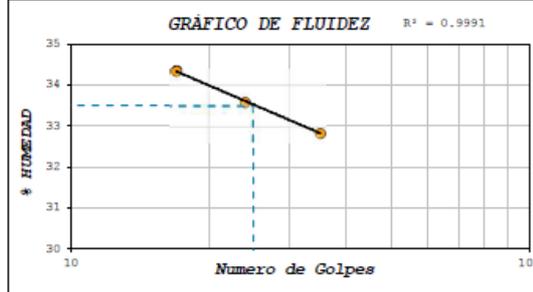
Masa inicial seca =	751.99 g		
Masa lavada y seca =	64.30 g		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	0.00	100.0
N° 4	4.750	0.00	100.0
N° 10	2.000	0.20	100.0
N° 20	0.840	1.93	99.7
N° 40	0.425	7.29	98.7
N° 60	0.250	12.67	97.1
N° 100	0.150	9.08	95.9
N° 140	0.106	0.00	95.9
N° 200	0.075	32.98	91.5



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.9
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"A"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"A"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	34
LÍMITE PLÁSTICO	20
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	14
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.0
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-1.0
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACION SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACION AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (9)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad

COMPOSICION FISICA DEL SUELO EN FUNCION AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	8.5
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	91.5

PERDIDA POR PROCESAMIENTO		
CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.0%



Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

ASTM D3282-15/ D2487-17

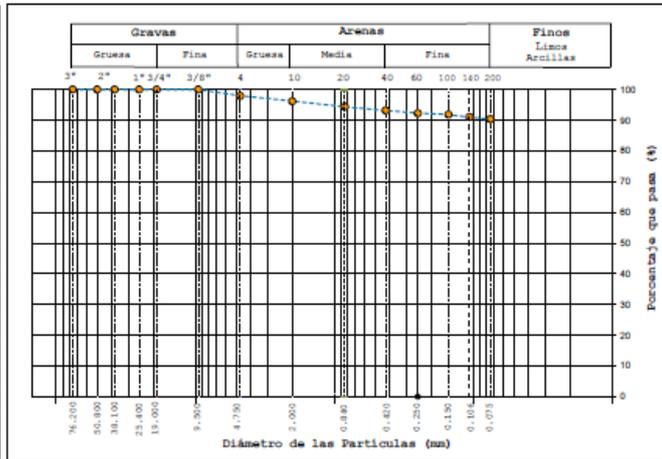
ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	31/03/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo O2	Ensayado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M217		
Profundidad	: 20.0 m.		

Masa inicial seca = 764.16 g
Masa lavada y seca = 73.98 g

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMISADO
ASTM D6913

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	0.00	100.0
N° 4	4.750	15.54	98.0
N° 10	2.000	13.42	96.2
N° 20	0.840	13.84	94.4
N° 40	0.425	9.30	93.2
N° 60	0.250	6.69	92.3
N° 100	0.150	3.40	91.9
N° 140	0.106	6.54	91.0
N° 200	0.075	4.91	90.4



CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216

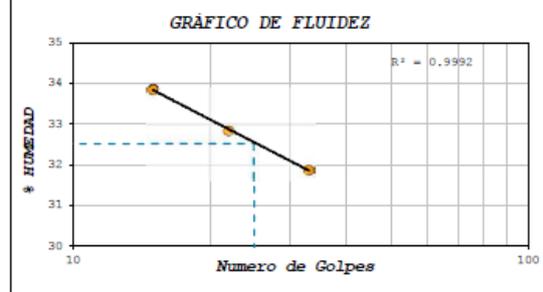
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.0
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"A"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"A"

LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D4318

LÍMITE LÍQUIDO	33
LÍMITE PLÁSTICO	20
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	13
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.1
ÍNDICE DE LIQUEZ (IL)	-1.1
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto



COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	2.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	7.6
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	90.4

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (9)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad

PERDIDA POR PROCESAMIENTO		
CRITERIO	-	0.33
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.13

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.
 Solicitante: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
 Código del Proyecto: ---
 Ubicación de Proyecto: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca. Fecha de Ensayo: 04/19/2021
 Material: Muestra remoldeada. Página: 1 de 1

Código de Muestra: --- Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
 Sondaje/calicata: Pa2 Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
 N° de Muestra: M5
 Profundidad: 8.0 m.

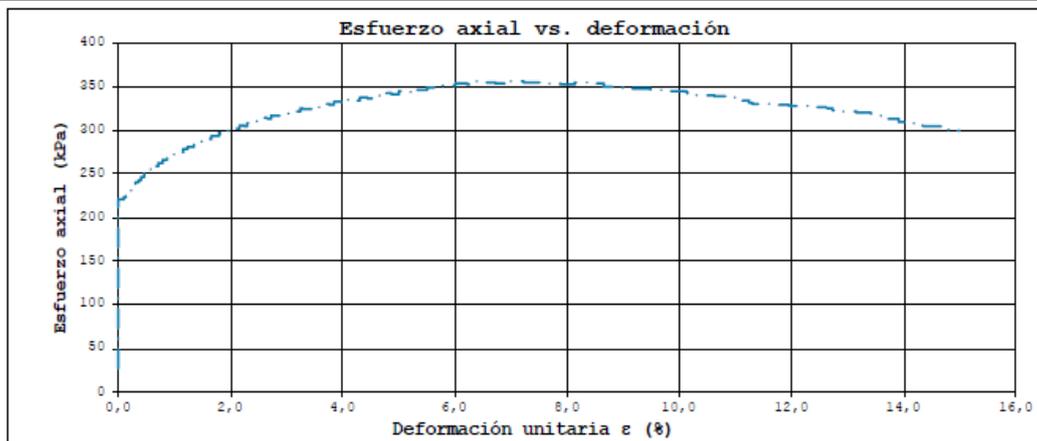
Descripción de la muestra:

Arcilla de baja plasticidad

Tipo de Falla: Frágil

Datos de la muestra:

Diámetro	37,260 mm
Area	1090,374 mm ²
Altura	71,800 mm
Volumen	78,289 cm ³
Masa del suelo húmedo	168,400 g
Masa suelo seco	142,984 g
Contenido de Humedad	17,800 %
Dens. húmeda	2,151 gr/cm ³
Dens. seca	1,826 gr/cm ³



qu =	357,0	kPa
Cohesión Cu =	178,5	kPa
Carga de rotura =	0,114	kN
Deformación axial a rotura =	5,838	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	8,1	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana
 Solicitante: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
 Código del Proyecto: ---
 Ubicación de Proyecto: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca. Fecha de Ensayo: 04/19/2021
 Material: Muestra alterada. Página: 1 de 1

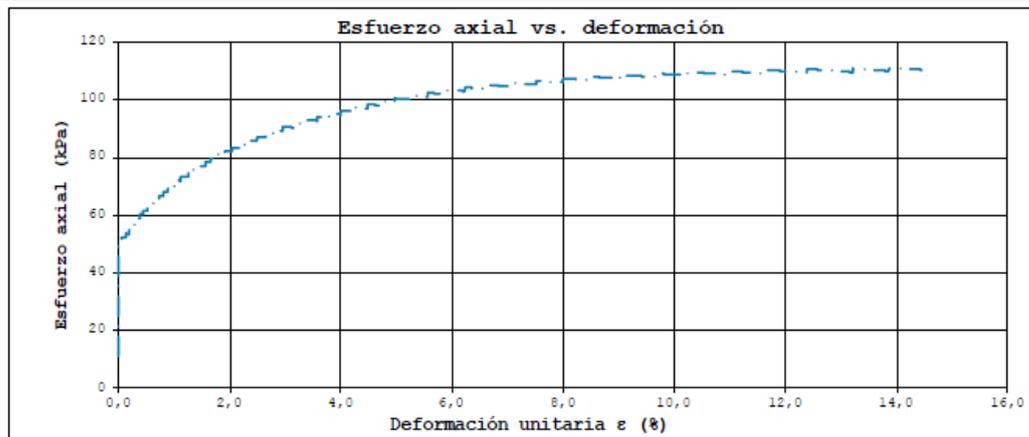
Código de Muestra: --- Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
 Sondaje/calicata: F2 Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
 N° de Muestra: M9
 Profundidad: 9,0 m.

Descripción de la muestra:
 Arcilla de baja plasticidad

Tipo de Falla: Frágil

Datos de la muestra:

Diámetro	37,800 mm
Área	1092,717 mm ²
Altura	72,800 mm
Volumen	79,003 cm ³
Masa del suelo húmedo	168,100 g
Masa suelo seco	136,003 g
Contenido de Humedad	23,600 %
Dens. húmeda	2,128 gr/cm ³
Dens. seca	1,721 gr/cm ³



qu =	111,1	kPa
Cohesión Cu =	55,6	kPa
Carga de rotura =	0,095	kN
Deformación axial a rotura =	10,496	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	14,5	(%)

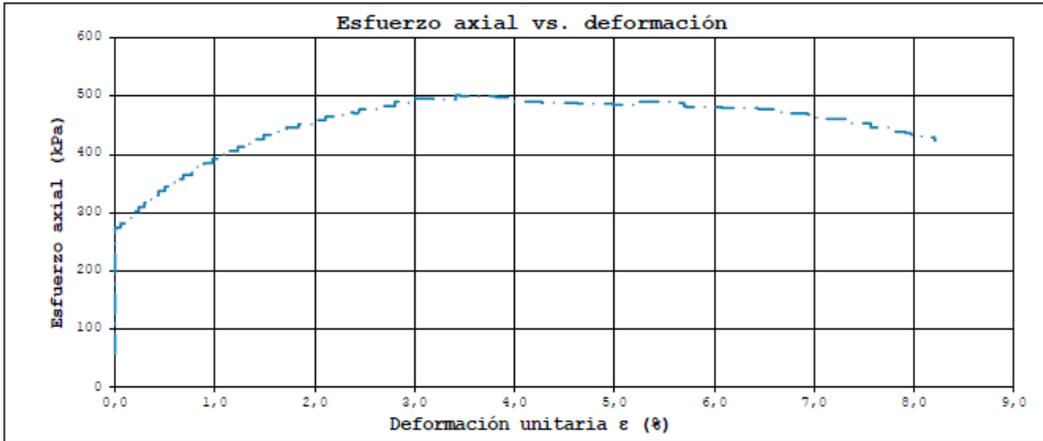
Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto	Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana	
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto	---	
Ubicación de Proyecto	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 04/19/2021
Material	Muestra alterada	Página: 1 de 1

Código de Muestra	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	Fz2 Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
N° de Muestra	M13		
Profundidad	13,0		

Descripción de la muestra:		<p>Tipo de Falla: Mixta</p> 
Limo arenoso		
Datos de la muestra:		
Diámetro	42,060 mm	
Area	1389,404 mm ²	
Altura	92,600 mm	
Volumen	128,659 cm ³	
Masa del suelo húmedo	286,100 g	
Masa suelo seco	248,135 g	
Contenido de Humedad	15,300 %	
Dens. húmeda	2,224 gr/cm ³	
Dens. seca	1,929 gr/cm ³	



qu =	500,5	kPa
Cohesión Cu =	250,3	kPa
Carga de rotura =	0,072	kN
Deformación axial a rotura =	3,163	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	3,4	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto	Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana	
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto	---	
Ubicación de Proyecto	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 04/19/2021
Material	Muestra alterada	Página: 1 de 1

Código de Muestra	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	Pa2 Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
N° de Muestra	M15		
Profundidad	15,0 m.		

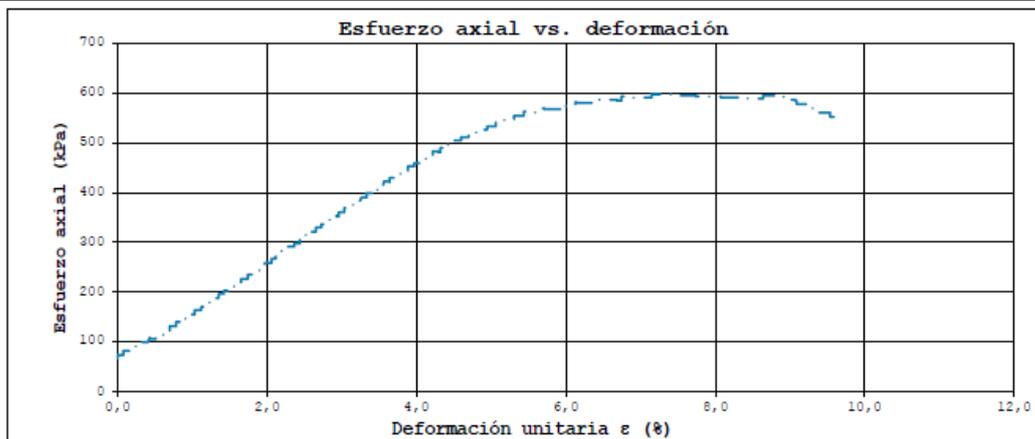
Descripción de la muestra:

Arcilla limosa de baja plasticidad

Tipo de Falla: Mixta

Datos de la muestra:

Diámetro	39,260 mm
Area	1210,572 mm ²
Altura	62,760 mm
Volumen	75,975 cm ³
Masa del suelo húmedo	162,900 g
Masa suelo seco	146,996 g
Contenido de Humedad	11,500 %
Dens. húmeda	2,157 gr/cm ³
Dens. seca	1,935 gr/cm ³



qu =	598,3	kPa
Cohesión Cu =	299,1	kPa
Carga de rotura =	0,079	kN
Deformación axial a rotura =	5,425	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	8,6	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto	Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana	
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto	---	
Ubicación de Proyecto	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 04/19/2021
Material	Muestra alterada	

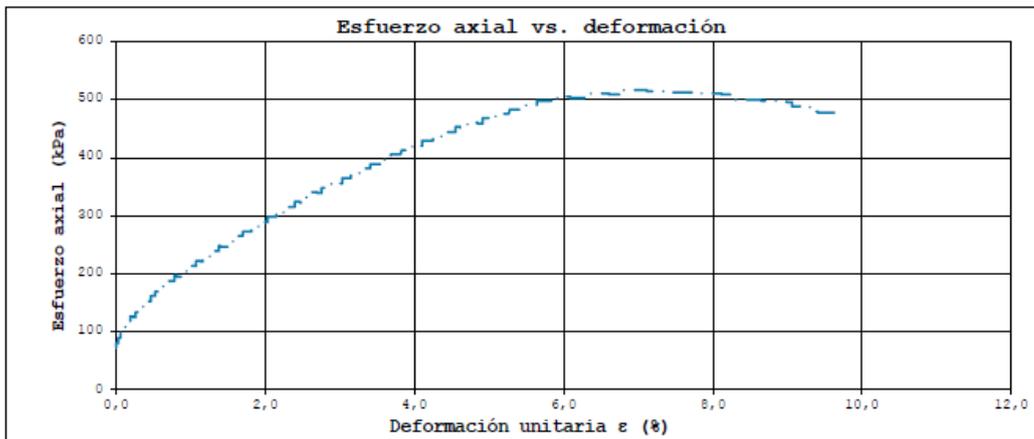
Código de Muestra	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	Pa2	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	M17		
Profundidad	17.0 m.		

Descripción de la muestra:
Arcilla de baja plasticidad

Tipo de Falla: Frágil

Datos de la muestra:

Diámetro	41,930 mm
Area	1341,593 mm ²
Altura	60,430 mm
Volumen	81,072 cm ³
Masa del suelo húmedo	173,600 g
Masa suelo seco	141,968 g
Contenido de Humedad	22,800 %
Dens. húmeda	2,141 gr/cm ³
Dens. seca	1,744 gr/cm ³



qu =	517,1	kPa
Cohesión Cu =	258,6	kPa
Carga de rotura =	0,062	kN
Deformación axial a rotura =	4,080	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	6,8	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto	Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana		
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	---		
Ubicación de Proyecto	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	04/19/2021
Material	Muestra alterada	Página:	1 de 1

Código de Muestra	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	Pa2 Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
N° de Muestra	M18		
Profundidad	18,0 m.		

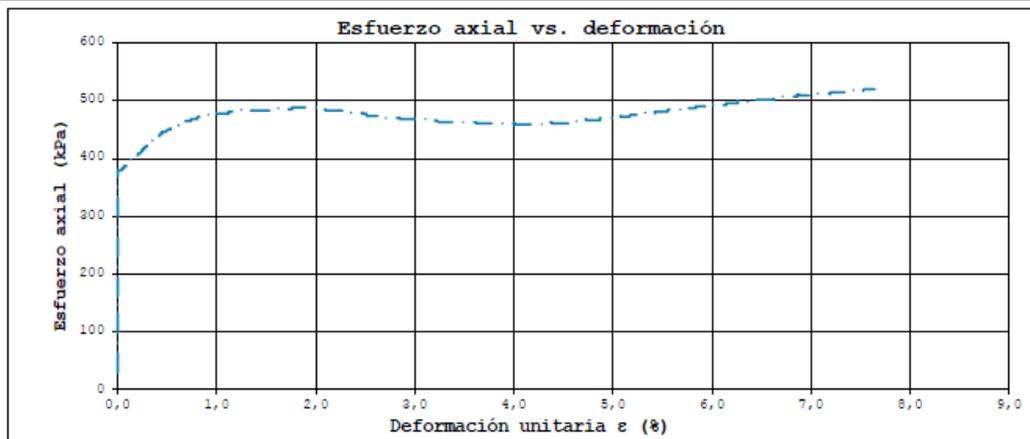
Descripción de la muestra:

Arcilla de baja plasticidad

Tipo de Falla: Frágil

Datos de la muestra:

Diámetro	38,830 mm
Área	1184,199 mm ²
Altura	72,700 mm
Volumen	86,091 cm ³
Masa del suelo húmedo	166,800 g
Masa suelo seco	146,438 g
Contenido de Humedad	13,700 %
Dens. húmeda	1,934 gr/cm ³
Dens. seca	1,701 gr/cm ³



q_u	=	520,1	kPa
Cohesión C_u	=	260,0	kPa
Carga de rotura	=	0,155	kN
Deformación axial a rotura	=	6,596	mm
Deformación unitaria de rotura ϵ	=	9,1	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto	Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana		
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	---		
Ubicación de Proyecto	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	04/19/2021
Material	Muestra alterada	Página:	1 de 1

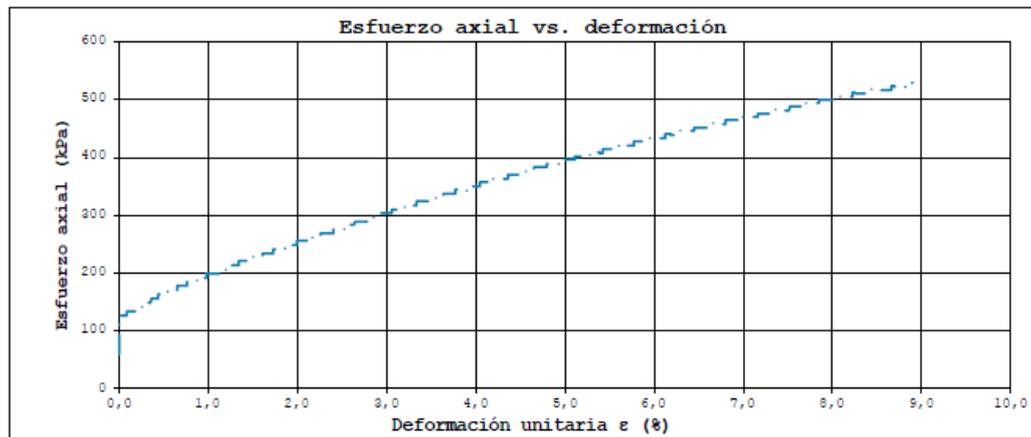
Código de Muestra	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	Ra2	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	M20		
Profundidad	20.0 m.		

Descripción de la muestra:
Arcilla de baja plasticidad

Tipo de Falla: Mixta

Datos de la muestra:

Diámetro	38,160 mm
Área	1143,685 mm ²
Altura	78,860 mm
Volumen	86,417 cm ³
Masa del suelo húmedo	196,400 g
Masa suelo seco	169,456 g
Contenido de Humedad	15,900 %
Dens. húmeda	2,273 gr/cm ³
Dens. seca	1,961 gr/cm ³



qu =	528,2	kPa
Cohesión Cu =	264,1	kPa
Carga de rotura =	0,100	kN
Deformación axial a rotura =	11,255	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	14,9	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

Perforacion Pozo 3

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnia Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón	ASTM D2216-19		
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS		
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	1 de 18
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz3	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M1		
Profundidad	1.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	10		
Masa del recipiente, g	17.1		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	49.99		
Masa del recipiente con muestra seca, g	44.06		
Contenido de humedad	22.0%		
Contenido de humedad: 22.0%			
InGeotec			

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnia Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón	ASTM D2216-19		
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS		
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	2 de 18
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz3	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M2		
Profundidad	2.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	7		
Masa del recipiente, g	17.21		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	70.42		
Masa del recipiente con muestra seca, g	60.04		
Contenido de humedad	24.2%		
Contenido de humedad: 24.2%			
InGeotec			

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnia Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 3 de 18
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz3	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M4	
Profundidad	4	
DATOS		
Identificación del recipiente	13	
Masa del recipiente, g	17.95	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	74.22	
Masa del recipiente con muestra seca, g	66.89	
Contenido de humedad	15.0%	
Contenido de humedad: 15.0%		
InGeotec		

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnia Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 4 de 18
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz3	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M5	
Profundidad	5.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	9	
Masa del recipiente, g	17.34	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	62.8	
Masa del recipiente con muestra seca, g	54.95	
Contenido de humedad	20.9%	
Contenido de humedad: 20.9%		
InGeotec		

 <p>InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 5 de 18
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	F23	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M6	
Profundidad	6.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	6	
Masa del recipiente, g	17.61	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	77.47	
Masa del recipiente con muestra seca, g	73.01	
Contenido de humedad	8.1%	
Contenido de humedad: 8.1%		
InGeotec		

 <p>InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 6 de 18
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	F23	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M7	
Profundidad	7.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	8	
Masa del recipiente, g	17.44	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	67.77	
Masa del recipiente con muestra seca, g	64.23	
Contenido de humedad	7.6%	
Contenido de humedad: 7.6%		
InGeotec		

 <p>InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19		
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS		
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	7 de 18
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz3	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M8		
Profundidad	8.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	5		
Masa del recipiente, g	17.48		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	64.08		
Masa del recipiente con muestra seca, g	58.88		
Contenido de humedad	12.6%		
Contenido de humedad: 12.6%			
			

 <p>InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19		
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS		
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	8 de 18
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz3	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M9		
Profundidad	9.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	7		
Masa del recipiente, g	17.21		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	68.2		
Masa del recipiente con muestra seca, g	63.2		
Contenido de humedad	10.9%		
Contenido de humedad: 10.9%			
			

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón	ASTM D2216-19		
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS		
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	9 de 18
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz3	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M10		
Profundidad	10.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente		18	
Masa del recipiente, g		18.04	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g		79.9	
Masa del recipiente con muestra seca, g		71.69	
Contenido de humedad		15.3%	
Contenido de humedad: 15.3%			
InGeoTec			

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón	ASTM D2216-19		
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS		
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	10 de 18
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz3	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M11		
Profundidad	11.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente		22	
Masa del recipiente, g		17.38	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g		72.37	
Masa del recipiente con muestra seca, g		66.77	
Contenido de humedad		11.3%	
Contenido de humedad: 11.3%			
InGeoTec			

 <p>InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 11 de 18
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz3	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M12	
Profundidad	12.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	1	
Masa del recipiente, g	16.81	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	73.36	
Masa del recipiente con muestra seca, g	66.33	
Contenido de humedad	14.2%	
Contenido de humedad: 14.2%		
InGeotec		

 <p>InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 12 de 18
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz3	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M13	
Profundidad	13.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	21	
Masa del recipiente, g	17.18	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	77.01	
Masa del recipiente con muestra seca, g	72.74	
Contenido de humedad	7.7%	
Contenido de humedad: 7.7%		
InGeotec		

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón		ASTM D2216-19	
		MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	13 de 18
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz3	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M14		
Profundidad	14.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	25		
Masa del recipiente, g	17.37		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	76.8		
Masa del recipiente con muestra seca, g	68.16		
Contenido de humedad	17.0%		
Contenido de humedad: 17.0%			
InGeoTec			

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón		ASTM D2216-19	
		MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	14 de 18
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz3	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M15		
Profundidad	15.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	20		
Masa del recipiente, g	17.44		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	89.37		
Masa del recipiente con muestra seca, g	82.79		
Contenido de humedad	10.1%		
Contenido de humedad: 10.1%			
InGeoTec			

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón	ASTM D2216-19		
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS		
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	15 de 18
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz3	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M16		
Profundidad	16.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	20		
Masa del recipiente, g	17.44		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	89.37		
Masa del recipiente con muestra seca, g	82.79		
Contenido de humedad	10.1%		
Contenido de humedad: 10.1%			
InGeoTec			

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón	ASTM D2216-19		
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS		
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	16 de 18
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz3	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M17		
Profundidad	17.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	11		
Masa del recipiente, g	17.5		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	77.56		
Masa del recipiente con muestra seca, g	71.13		
Contenido de humedad	12.0%		
Contenido de humedad: 12.0%			
InGeoTec			

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 17 de 18
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz3	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M18	
Profundidad	18.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	4	
Masa del recipiente, g	17.15	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	83.78	
Masa del recipiente con muestra seca, g	75.67	
Contenido de humedad	13.9%	
Contenido de humedad: 13.9%		
InGeotec		

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 18 de 18
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz3	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M19	
Profundidad	19.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	15	
Masa del recipiente, g	18.2	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	95.1	
Masa del recipiente con muestra seca, g	87.27	
Contenido de humedad	11.3%	
Contenido de humedad: 11.3%		
InGeotec		



Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

ASTM D3282-15/ D2487-17

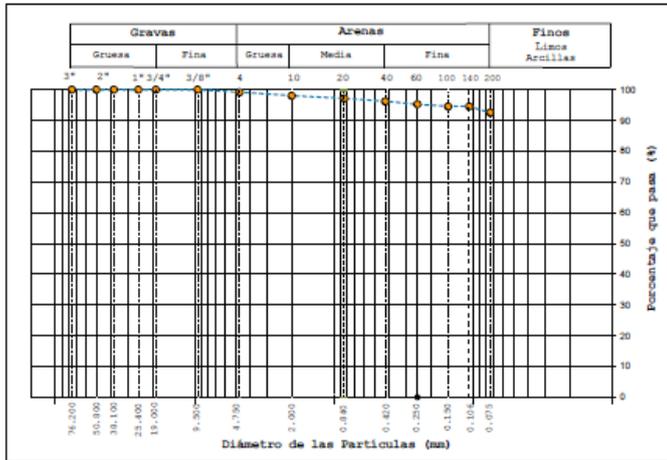
ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	06/05/2026
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 03	Ensayado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M31		
Profundidad	: 0.5 - 4 m.		

Masa inicial seca = 1180.48 g
Masa lavada y seca = 88.14 g

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMISADO
ASTM D6913**

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	0.00	100.0
N° 4	4.750	9.67	99.2
N° 10	2.000	13.48	98.0
N° 20	0.840	10.20	97.2
N° 40	0.425	11.39	96.2
N° 60	0.250	11.36	95.2
N° 100	0.150	8.17	94.6
N° 140	0.106	0.00	94.6
N° 200	0.075	23.57	92.6



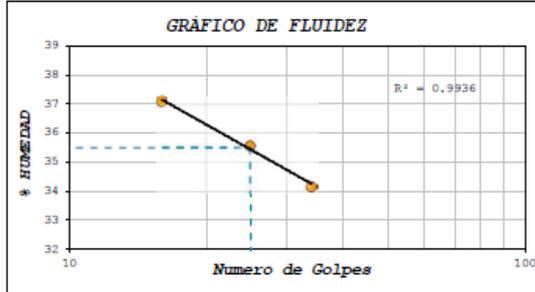
**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216**

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.9
MÉTODO DE SECADO	Norma a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"A"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA

Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secado al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMISADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"A"



**LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D4318**

LÍMITE LÍQUIDO	36
LÍMITE PLÁSTICO	26
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	10
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.8
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-1.8
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

CLASIFICACION SUCS (ASTM D2487)	ML
CLASIFICACION AASHTO (ASTM D3282)	(10)
NOMBRE DEL GRUPO	Limo arenoso

COMPOSICION FISICA DEL SUELO EN FUNCION AL TAMAÑO DE PARTICULAS

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.8
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	6.6
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	92.6

PERDIDA POR PROCESAMIENTO

CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.1%

ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

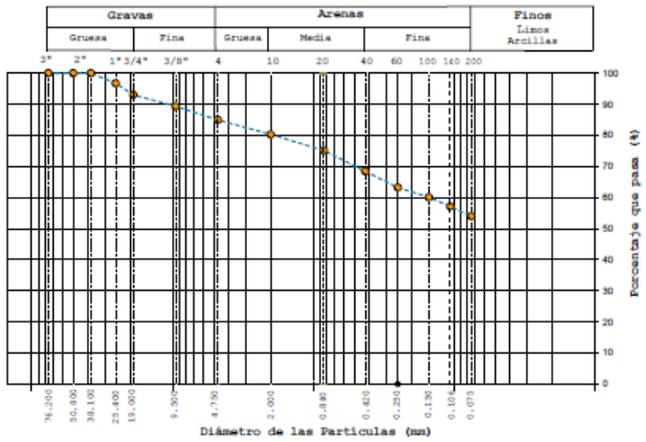
Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto	: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	06/05/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 03	Ensayado por	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M32		
Profundidad	: 4 - 11 m.		

Masa inicial seca = 1318.15 g
Masa lavada y seca = 607.98 g

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMISADO
ASTM D6913

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	42.46	96.8
3/4"	19.000	49.72	93.0
3/8"	9.500	48.52	89.3
N° 4	4.750	57.80	84.9
N° 10	2.000	61.91	80.2
N° 20	0.840	67.19	75.1
N° 40	0.425	88.78	68.4
N° 60	0.250	68.47	63.2
N° 100	0.150	41.54	60.1
N° 140	0.106	38.65	57.1
N° 200	0.075	41.39	54.0



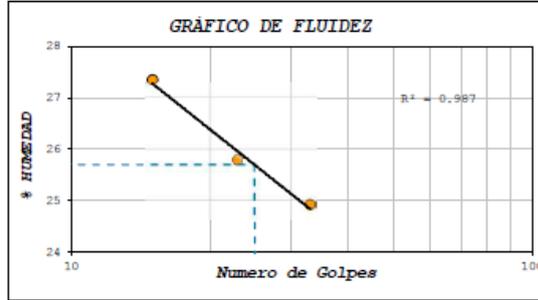
CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.9
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"A"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno
PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMISADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"A"

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D4318

LÍMITE LÍQUIDO	26
LÍMITE PLÁSTICO	17
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	9
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.5
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-1.5
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto



COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCION AL TAMAÑO DE PARTICULAS

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	15.1
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	30.9
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	54.0

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

CLASIFICACION SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACION AASHTO (ASTM D2282)	A-4 (2)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava

PERDIDA POR PROCESAMIENTO

CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.1%



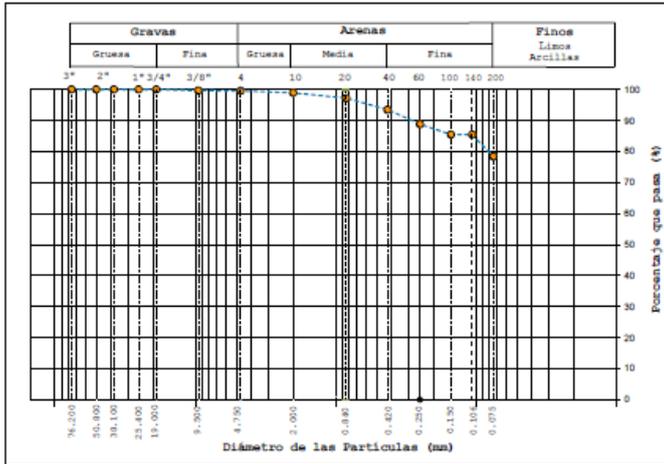
Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

ASTM D3282-15/ D2487-17

ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	06/05/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 03	Ensayado por	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Nº de Muestra	: M33		
Profundidad	: 11 - 13 m.		

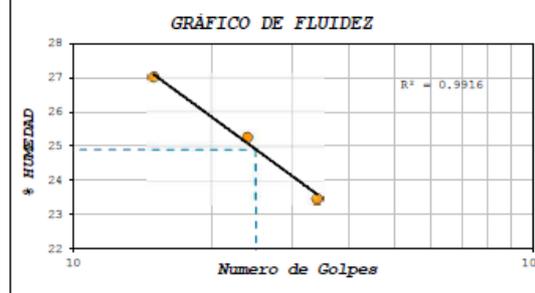
Masa inicial seca =	821.43 g		
Masa lavada y seca =	134.75 g		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMISADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	2.20	99.6
Nº 4	4.750	0.48	99.6
Nº 10	2.000	4.22	98.9
Nº 20	0.840	10.61	97.2
Nº 40	0.425	23.19	93.5
Nº 60	0.250	28.73	88.8
Nº 100	0.150	20.96	85.5
Nº 140	0.106	0.00	85.5
Nº 200	0.075	43.56	78.4



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.5
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"A"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"A"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	25
LÍMITE PLÁSTICO	18
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	7
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.8
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-1.8
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL - ML
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D2282)	A-4 (5)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla limosa de baja plasticidad con arena

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCION AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS		
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.4	
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	21.1	
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	78.4	
PERDIDA POR PROCESAMIENTO		
CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.2%



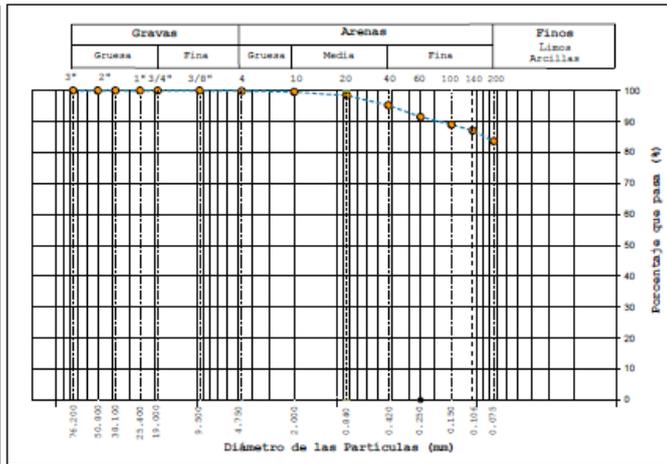
Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

ASTM D3282-15/ D2487-17

ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	06/05/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 03	Ensayado por	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M34		
Profundidad	: 13 - 14 m.		

Masa inicial seca =	1113.54 g		
Masa lavada y seca =	182.80 g		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMISADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	0.00	100.0
N° 4	4.750	1.80	99.8
N° 10	2.000	3.00	99.6
N° 20	0.840	13.15	98.4
N° 40	0.425	35.17	95.2
N° 60	0.250	41.73	91.5
N° 100	0.150	27.79	89.0
N° 140	0.106	21.32	87.1
N° 200	0.075	38.23	83.6

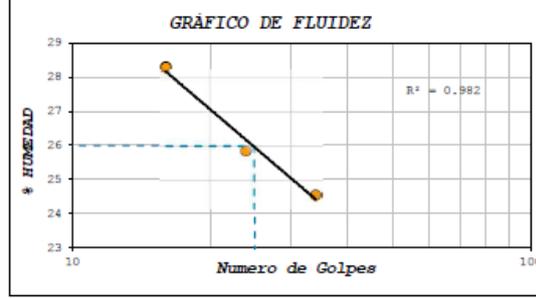


CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.8
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMISADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	26
LÍMITE PLÁSTICO	20
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	6
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	3.4
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-2.4
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto



COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.2
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	16.2
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	83.6

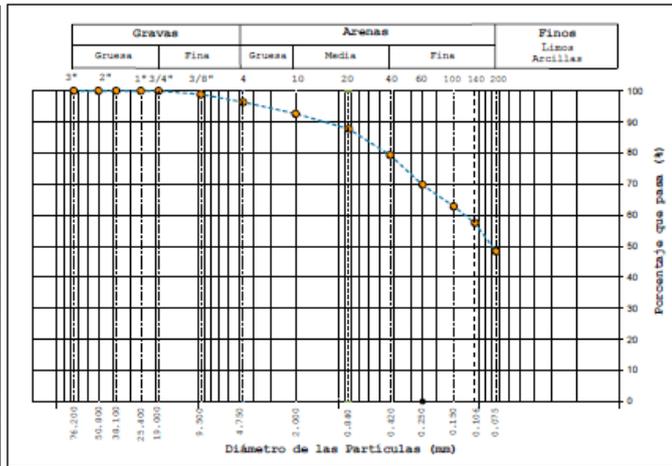
CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL - ML
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-4 (6)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla limosa de baja plasticidad con arena

PÉRDIDA POR PROCESAMIENTO		
CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.1%

ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	06/05/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Mostrado por	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 03	Ensayado por	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M35		
Profundidad	: 14 - 15 m.		

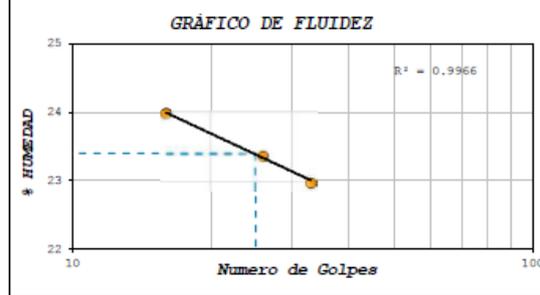
Masa inicial seca =	197.06 g		
Masa lavada y seca =	102.25 g		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	2.28	98.8
N° 4	4.750	4.84	96.4
N° 10	2.000	7.43	92.6
N° 20	0.840	9.50	87.8
N° 40	0.425	16.73	79.3
N° 60	0.250	18.78	69.8
N° 100	0.150	13.66	62.8
N° 140	0.106	10.58	57.5
N° 200	0.075	17.89	48.4



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.9
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	23
LÍMITE PLÁSTICO	18
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	5
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	3.6
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-2.6
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SC - SM
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D2922)	A-4 (1)
NOMBRE DEL GRUPO	Arena limo arcillosa

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCION AL TAMAÑO DE PARTICULAS		
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	3.6	
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	48.0	
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	48.4	
PERDIDA POR PROCESAMIENTO		
CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.2%



Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

ASTM D3282-15/ D2487-17

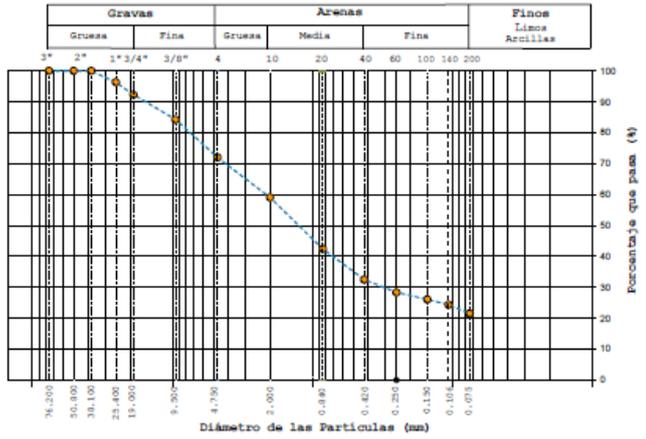
ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	06/05/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 03	Ensayado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M36		
Profundidad	: 15 - 19 m.		

Masa inicial seca = 1104.43 g
Masa lavada y seca = 868.00 g

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D6913

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	40.72	96.3
3/4"	19.000	44.15	92.3
3/8"	9.500	89.13	84.2
N° 4	4.750	135.05	72.0
N° 10	2.000	143.06	59.1
N° 20	0.840	183.47	42.5
N° 40	0.425	109.50	32.5
N° 60	0.250	45.84	28.4
N° 100	0.150	25.49	26.1
N° 140	0.106	18.56	24.4
N° 200	0.075	31.73	21.5

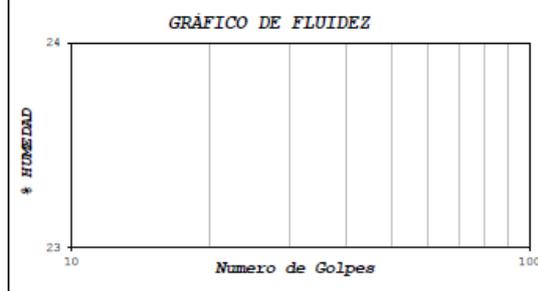


CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	2.5
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"A"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"A"



LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D4318

LÍMITE LÍQUIDO	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	---
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	---
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTICULAS

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	28.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	50.5
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	21.5

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SM
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D2282)	A-1-b (0)
NOMBRE DEL GRUPO	Arena limosa con grava

PERDIDA POR PROCESAMIENTO

CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.1%

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto	Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	---		
Ubicación de Proyecto	parroquia Santa Ana	Fecha de Ensayo:	27-abr-21
Material	Muestra alterada	Página:	1 de 1

Código de Muestra	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	Pa3	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	M1		
Profundidad	1.0 m.		

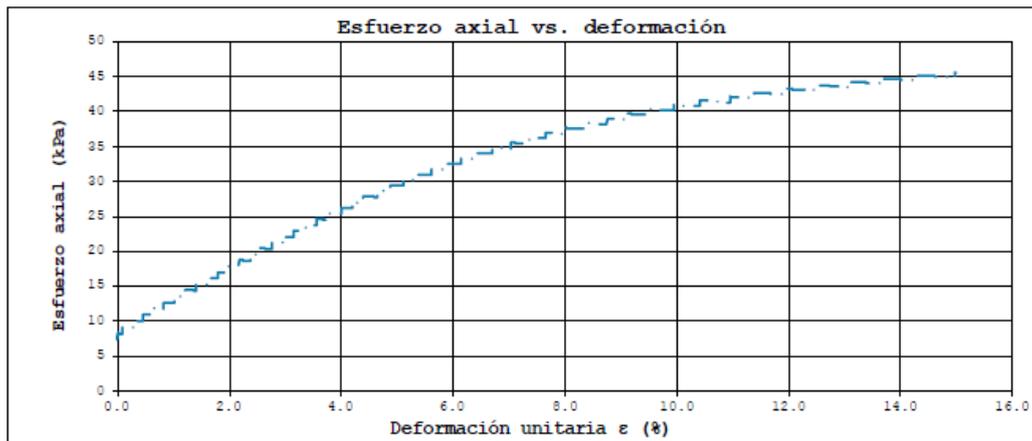
Descripción de la muestra:

Limo arenoso

Tipo de Falla: Mixta

Datos de la muestra:

Diámetro	37.430 mm
Área	1100.347 mm ²
Altura	76.130 mm
Volumen	83.769 cm ³
Masa del suelo húmedo	172.030 g
Masa suelo seco	140.812 g
Contenido de Humedad	22.170 %
Dens. húmeda	2.054 gr/cm ³
Dens. seca	1.681 gr/cm ³



qu =	45.6	kPa
Cohesión Cu =	22.8	kPa
Carga de rotura =	0.059	kN
Deformación axial a rotura =	11.403	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	15.0	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.
Solicitante: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Código del Proyecto: ---
Ubicación de Proyecto: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca. Fecha de Ensayo: 27-abr-21
Material: Muestra alterada. Página: 1 de 1

Código de Muestra: --- Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata: Pz3 Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra: M43
Profundidad: 4.0 m.

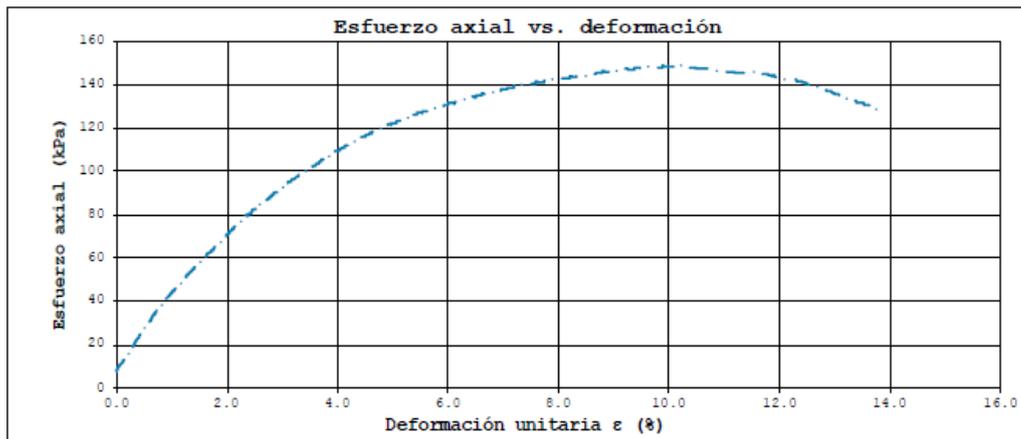
Descripción de la muestra:

Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava

Tipo de Falla: Mixta

Datos de la muestra:

Diámetro: 37.060 mm
Area: 1078.700 mm²
Altura: 74.520 mm
Volumen: 80.388 cm³
Masa del suelo húmedo: 170.190 g
Masa suelo seco: 148.017 g
Contenido de Humedad: 14.980 %
Dens. húmeda: 2.117 gr/cm³
Dens. seca: 1.841 gr/cm³



qu = 149.0 kPa
Cohesión Cu = 74.5 kPa
Carga de rotura = 0.179 kN
Deformación axial a rotura = 7.602 mm
Deformación unitaria de rotura ε = 10.2 (%)

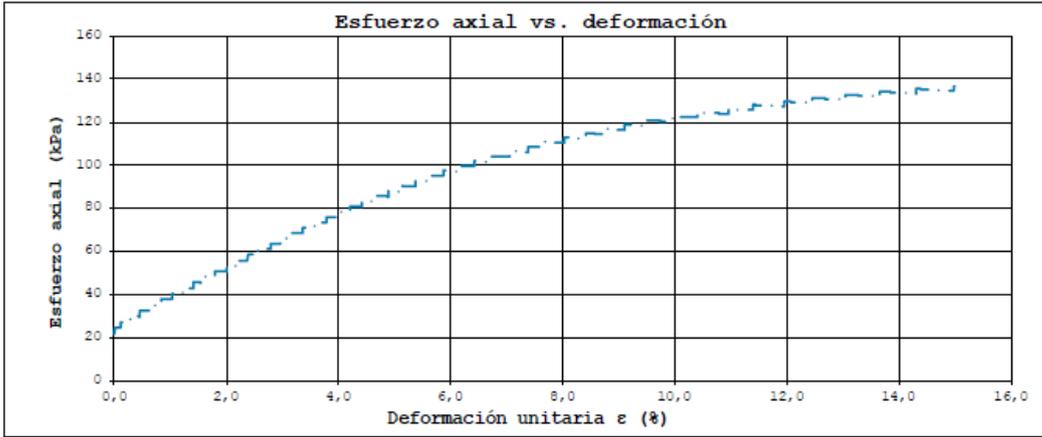
Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto	Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana	
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto	---	
Ubicación de Proyecto	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 27-abr-21
Material	Muestra alterada	Página: 1 de 1

Código de Muestra	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	Pe3	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	M25		
Profundidad	5.0 m.		

Descripción de la muestra:		
Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava		Tipo de Falla: Mixta
Datos de la muestra:		
Diámetro	37,430 mm	
Area	1100,947 mm ²	
Altura	76,130 mm	
Volumen	89,769 cm ³	
Masa del suelo húmedo	184,940 g	
Masa suelo seco	153,020 g	
Contenido de Humedad	20,860 %	
Dens. húmeda	2,208 gr/cm ³	
Dens. seca	1,827 gr/cm ³	



qu =	136,8	kPa
Cohesión Cu =	68,4	kPa
Carga de rotura =	0,059	kN
Deformación axial a rotura =	11,403	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	15,0	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto	Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	---		
Ubicación de Proyecto	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	27-abr-21
Material	Muestra alterada	Página:	1 de 1

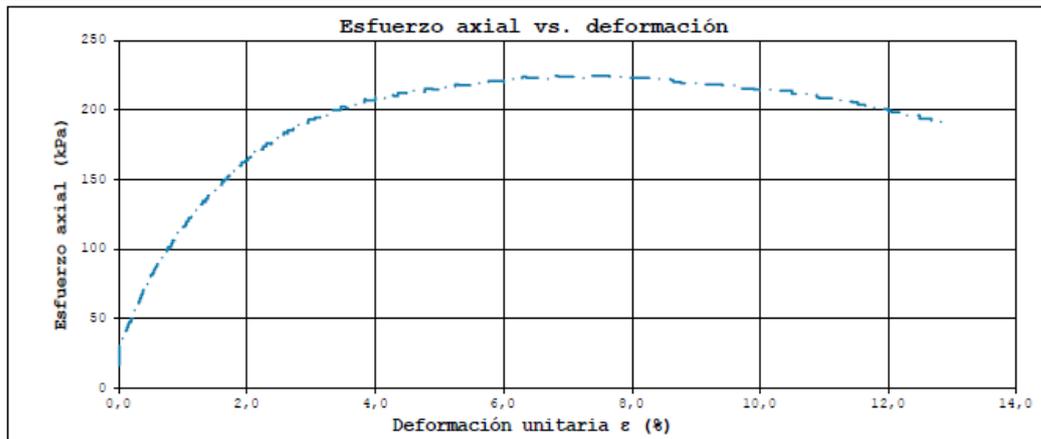
Código de Muestra	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	Fa3	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	M10		
Profundidad	10.0 m.		

Descripción de la muestra:
Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava

Datos de la muestra:

Diámetro	38,960 mm
Área	1192,141 mm ²
Altura	74,460 mm
Volumen	88,767 cm ³
Masa del suelo húmedo	189,320 g
Masa suelo seco	164,198 g
Contenido de Humedad	15,300 %
Dens. húmeda	2,133 gr/cm ³
Dens. seca	1,850 gr/cm ³

Tipo de Falla: Mixta



qu =	225,3	kPa
Cohesión Cu =	112,7	kPa
Carga de rotura =	0,116	kN
Deformación axial a rotura =	5,492	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	7,4	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto	Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	---		
Ubicación de Proyecto	parroquia Santa Ana	Fecha de Ensayo:	27-abr-21
Material	Muestra alterada	Página:	1 de 1

Código de Muestra	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	Fz3	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	MI		
Profundidad	1.0 m.		

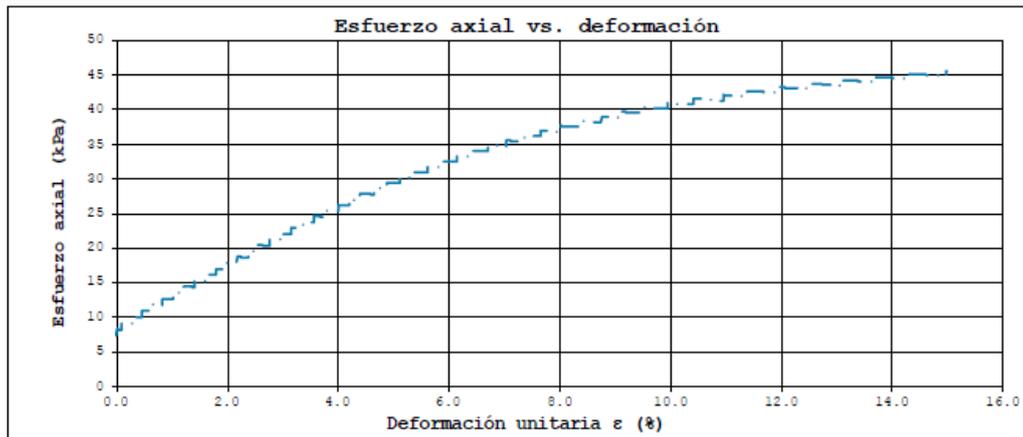
Descripción de la muestra:

Limo arenoso

Tipo de Falla: Mixta

Datos de la muestra:

Diámetro	37.430 mm
Area	1100.347 mm ²
Altura	76.130 mm
Volumen	83.769 cm ³
Masa del suelo húmedo	172.030 g
Masa suelo seco	140.812 g
Contenido de Humedad	22.170 %
Dens. húmeda	2.054 gr/cm ³
Dens. seca	1.681 gr/cm ³



qu =	45.6	kPa
Cohesión Cu =	22.8	kPa
Carga de rotura =	0.059	kN
Deformación axial a rotura =	11.403	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	15.0	(%)

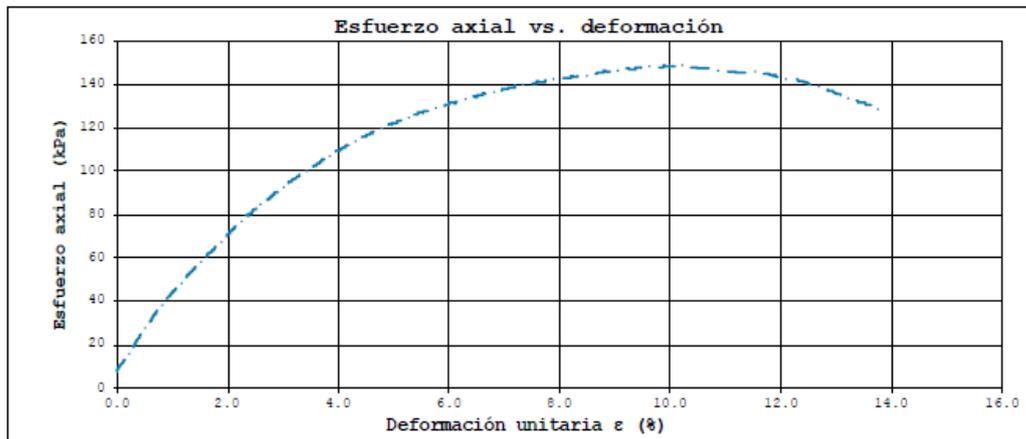
Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto	Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana		
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	---		
Ubicación de Proyecto	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	27-abr-21
Material	Muestra alterada	Página:	1 de 1

Código de Muestra	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	Pa3	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	M43		
Profundidad	4.0 m.		

Descripción de la muestra:		Tipo de Falla: Mixta
Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava		
Datos de la muestra:		
Diámetro	37.060 mm	
Area	1078.700 mm ²	
Altura	74.520 mm	
Volumen	80.385 cm ³	
Masa del suelo húmedo	170.190 g	
Masa suelo seco	148.017 g	
Contenido de Humedad	14.980 %	
Dens. húmeda	2.117 gr/cm ³	
Dens. seca	1.841 gr/cm ³	



qu =	149.0	kPa
Cohesión Cu =	74.5	kPa
Carga de rotura =	0.179	kN
Deformación axial a rotura =	7.602	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	10.2	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana
 Solicitante: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
 Código del Proyecto: ---
 Ubicación de Proyecto: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca. Fecha de Ensayo: 27-abr-21
 Material: Muestra alterada. Página: 1 de 1

Código de Muestra: --- Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
 Sondaje/calicata: Pn3 Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
 N° de Muestra: MS5
 Profundidad: 5.0 m.

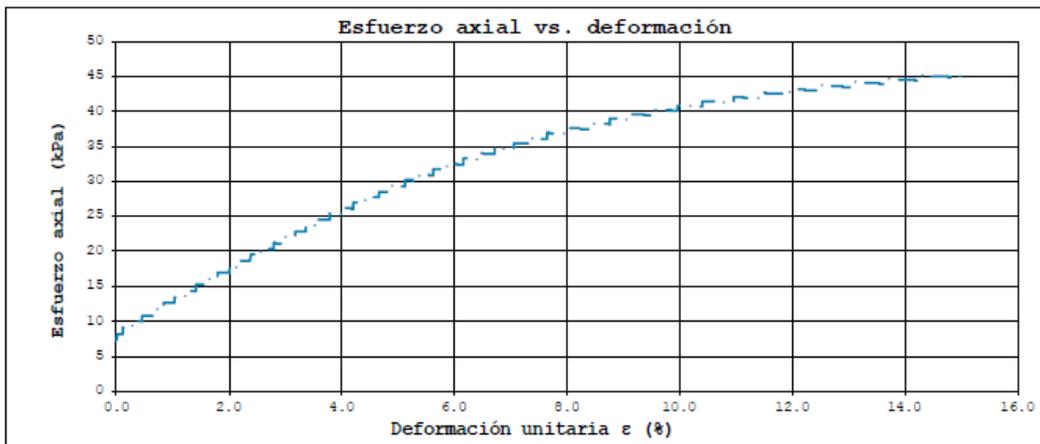
Descripción de la muestra:

Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava

Tipo de Falla: Mixta

Datos de la muestra:

Diámetro	37.430 mm
Area	1100.947 mm ²
Altura	76.130 mm
Volumen	82.769 cm ³
Masa del suelo húmedo	184.940 g
Masa suelo seco	153.020 g
Contenido de Humedad	20.860 %
Dens. húmeda	2.208 gr/cm ³
Dens. seca	1.827 gr/cm ³



$q_u = 45.6$ kPa
 Cohesión $C_u = 22.8$ kPa
 Carga de rotura = 0.059 kN
 Deformación axial a rotura = 11.403 mm
 Deformación unitaria de rotura $\epsilon = 15.0$ (%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto	Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto	---	
Ubicación de Proyecto	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 27-abr-21
Material	Muestra alterada	Página: 1 de 1

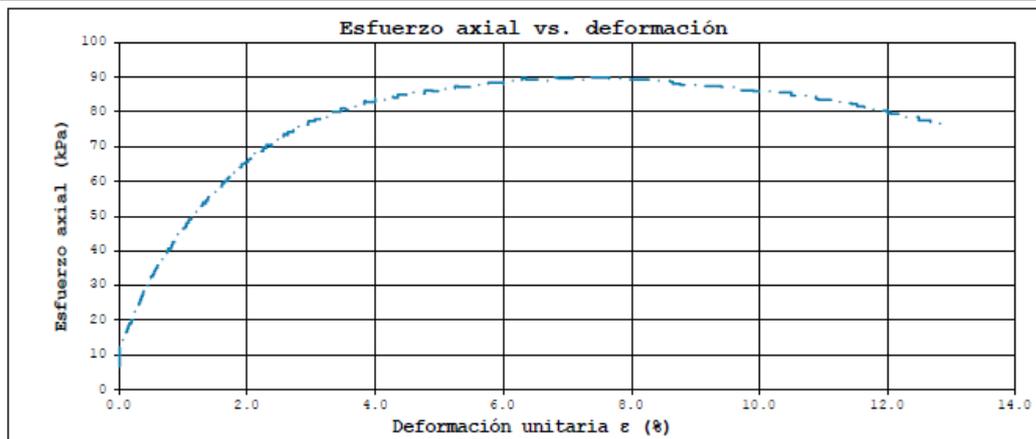
Código de Muestra	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	Pa3	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	M10		
Profundidad	10.0 m.		

Descripción de la muestra:
Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava

Tipo de Falla: Mixta

Datos de la muestra:

Diámetro	38.960 mm
Area	1192.141 mm ²
Altura	74.460 mm
Volumen	88.767 cm ³
Masa del suelo húmedo	189.320 g
Masa suelo seco	164.198 g
Contenido de Humedad	15.300 %
Dens. húmeda	2.133 gr/cm ³
Dens. seca	1.850 gr/cm ³



qu =	90.1	kPa
Cohesión Cu =	45.1	kPa
Carga de rotura =	0.116	kN
Deformación axial a rotura =	5.492	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	7.4	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

Perforacion Pozo 4

 Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón		ASTM D2216-19	
		MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	1 de 13
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz4	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M1		
Profundidad	1.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	17		
Masa del recipiente, g	18.07		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	61.05		
Masa del recipiente con muestra seca, g	51.86		
Contenido de humedad	27.2%		
Contenido de humedad: 27.2%			
			

 Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón		ASTM D2216-19	
		MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	2 de 13
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz4	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M2		
Profundidad	2.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente	24		
Masa del recipiente, g	17.57		
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	49.51		
Masa del recipiente con muestra seca, g	43.35		
Contenido de humedad	23.9%		
Contenido de humedad: 23.9%			
			

 <p>Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19		
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS		
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	3 de 13
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz4	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M3		
Profundidad	3.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente		4	
Masa del recipiente, g		17.15	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g		68.51	
Masa del recipiente con muestra seca, g		58.88	
Contenido de humedad		23.1%	
Contenido de humedad: 23.1%			
			

 <p>Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19		
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS		
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	4 de 13
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz4	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M4		
Profundidad	4.0 m.		
DATOS			
Identificación del recipiente		7	
Masa del recipiente, g		17.21	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g		68.51	
Masa del recipiente con muestra seca, g		58.88	
Contenido de humedad		23.1%	
Contenido de humedad: 23.1%			
			

 <p>Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 5 de 13
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz4	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M6	
Profundidad	6.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	19	
Masa del recipiente, g	17.04	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	62.24	
Masa del recipiente con muestra seca, g	56.6	
Contenido de humedad	14.3%	
Contenido de humedad: 14.3%		
		

 <p>Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 6 de 13
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz4	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M7	
Profundidad	7.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	9	
Masa del recipiente, g	17.34	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	56.25	
Masa del recipiente con muestra seca, g	50.52	
Contenido de humedad	17.3%	
Contenido de humedad: 17.3%		
		

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 7 de 13
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz4	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M9	
Profundidad	9.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	20	23
Masa del recipiente, g	17.44	17.34
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	62.66	44.5
Masa del recipiente con muestra seca, g	56.73	40.9
Contenido de humedad	15.1%	15.3%
Contenido de humedad: 15.2%		
InGeoTec		

 InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 8 de 13
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz4	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M10	
Profundidad	9.0 M.	
DATOS		
Identificación del recipiente	1	
Masa del recipiente, g	16.81	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	59.99	
Masa del recipiente con muestra seca, g	55.19	
Contenido de humedad	12.5%	
Contenido de humedad: 12.5%		
InGeoTec		

 <p>Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 9 de 13
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz4	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M10	
Profundidad	10.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	12	
Masa del recipiente, g	17.22	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	58.89	
Masa del recipiente con muestra seca, g	53.61	
Contenido de humedad	14.5%	
Contenido de humedad: 14.5%		
		

 <p>Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 10 de 13
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz4	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M11	
Profundidad	11.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	22	
Masa del recipiente, g	17.38	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	50.3	
Masa del recipiente con muestra seca, g	46.02	
Contenido de humedad	14.9%	
Contenido de humedad: 14.9%		
		

 <p>InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 11 de 13
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz4	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M12	
Profundidad	12.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	3	
Masa del recipiente, g	17.57	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	49.98	
Masa del recipiente con muestra seca, g	45.37	
Contenido de humedad	16.6%	
Contenido de humedad: 16.6%		
		

 <p>InGeoTec Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón</p>	ASTM D2216-19	
	MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS	
Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto:	---	
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo: 29-mar-21
Material:	Perforación	Página: 12 de 13
Código de Muestra:	---	Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	Pz4	Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M13	
Profundidad	13.0 m.	
DATOS		
Identificación del recipiente	21	
Masa del recipiente, g	17.18	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	81.42	
Masa del recipiente con muestra seca, g	74.84	
Contenido de humedad	11.4%	
Contenido de humedad: 11.4%		
		



Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

ASTM D2216-19

MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SUELOS Y ROCAS

Proyecto:	Ensayos de campo y laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto:	---		
Ubicación de Proyecto:	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	29-mar-21
Material:	Perforación	Página:	13 de 13
Código de Muestra:	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata:	P24	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra:	M14		
Profundidad	14.0 m.		

DATOS

Identificación del recipiente	25	
Masa del recipiente, g	17.37	
Masa del recipiente con muestra húmeda, g	82.04	
Masa del recipiente con muestra seca, g	75.3	
Contenido de humedad	11.6%	

Contenido de humedad: 11.6%

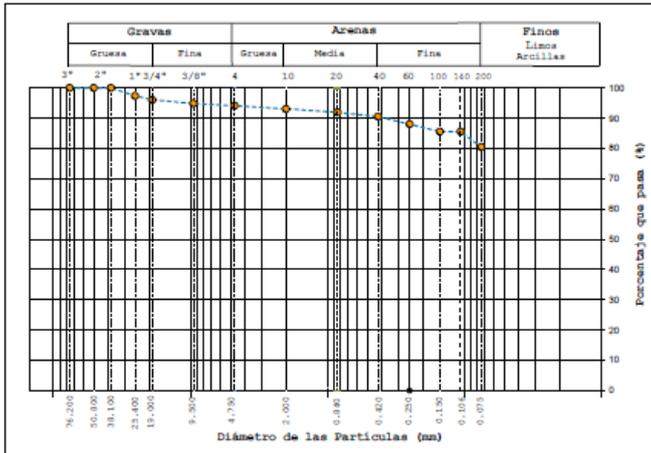
InGeotec

ASTM D3282-15/ D2487-17

ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	19/05/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por :	Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 04	Ensayado por :	Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M41		
Profundidad	: 1 - 5 m.		

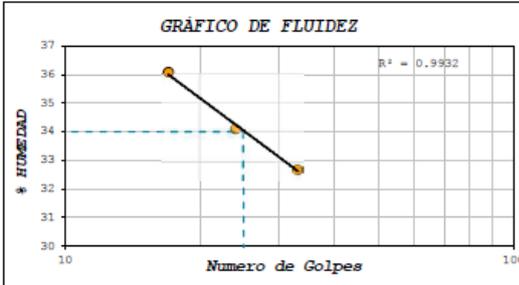
Masa inicial seca =	1642.70 g		
Masa lavada y seca =	322.25 g		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	43.56	97.3
3/4"	19.000	21.58	96.0
3/8"	9.500	19.98	94.8
N° 4	4.750	12.19	94.1
N° 10	2.000	16.77	93.1
N° 20	0.840	18.70	91.9
N° 40	0.425	23.28	90.5
N° 60	0.250	40.54	88.0
N° 100	0.150	40.74	85.6
N° 140	0.106	0.00	85.6
N° 200	0.075	82.86	80.5



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.8
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"A"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"A"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	34
LÍMITE PLÁSTICO	23
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	11
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.6
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-1.6
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (S)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad con arena

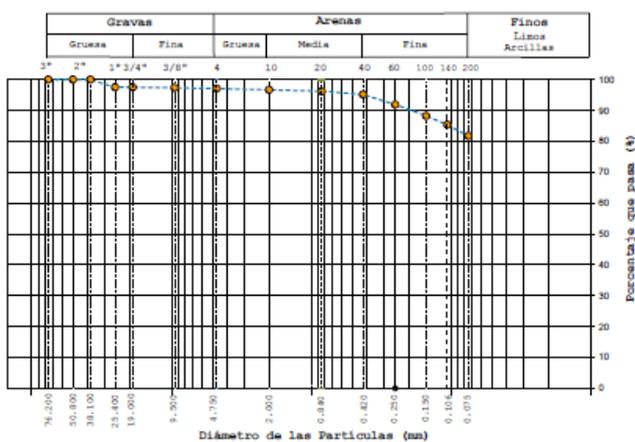
COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCION AL TAMAÑO DE PARTICULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	9.9
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	13.6
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	80.5

PERDIDA POR PROCESAMIENTO		
CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.1%

ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	19/05/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 04	Ensayado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M42		
Profundidad	: 5 - 6 m.		

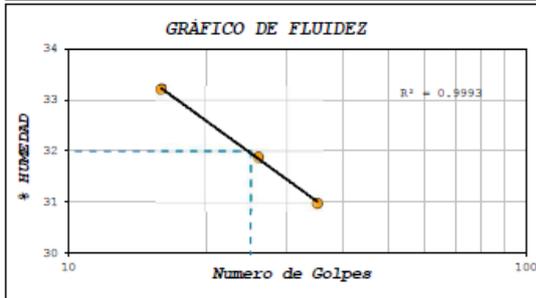
Masa inicial seca =	1476.04 g		
Masa lavada y seca =	271.45 g		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	37.23	97.5
3/4"	19.000	0.00	97.5
3/8"	9.500	2.21	97.3
N° 4	4.750	3.64	97.1
N° 10	2.000	5.95	96.7
N° 20	0.840	6.89	96.2
N° 40	0.425	15.28	95.2
N° 60	0.250	48.86	91.9
N° 100	0.150	53.33	88.3
N° 140	0.106	42.60	85.4
N° 200	0.075	53.07	81.8



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.9
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno
PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	32
LÍMITE PLÁSTICO	23
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	9
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.9
ÍNDICE DE LIQUEZ (IL)	-1.9
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto



COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTICULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	2.9
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	15.3
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	81.8

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-4 (7)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad con arena

PERDIDA POR PROCESAMIENTO		
CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.1%

ASTM D3282-15/ D2487-17

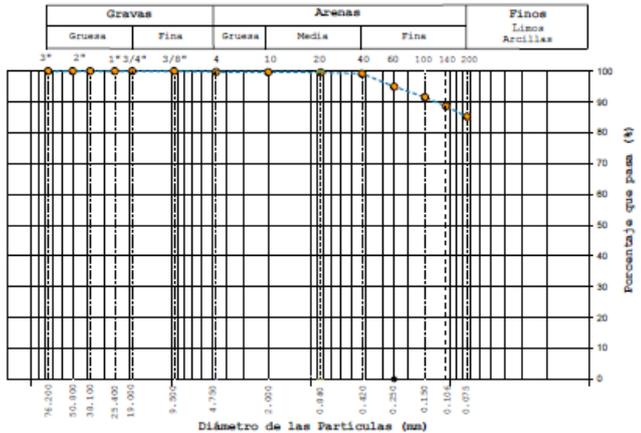
ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto : Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.
 Solicitante : Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez
 Código del Proyecto : ---
 Ubicación de Proyecto : Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca. Fecha de Ensayo: 19/05/2021
 Material : Perforación. Página: 1 de 1
 Código de Muestra : --- Muestreado por : Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez
 Sondaje / Calicata : Pozo 04 Ensayado por : Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez
 N° de Muestra : M43
 Profundidad : 6 - 10 m.

Masa inicial seca = 1459.81 g
 Masa lavada y seca = 218.20 g

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMISADO
ASTM D6913

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	0.00	100.0
N° 4	4.750	3.77	99.7
N° 10	2.000	0.75	99.7
N° 20	0.840	1.54	99.6
N° 40	0.425	5.85	99.2
N° 60	0.250	61.60	95.0
N° 100	0.150	50.32	91.5
N° 140	0.106	42.65	88.6
N° 200	0.075	49.00	85.2



CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216

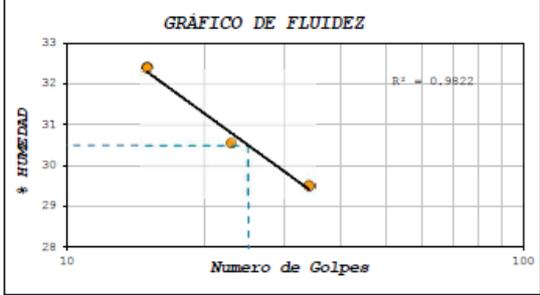
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.4
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"A"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA: Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMISADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"A"

LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D4318

LÍMITE LÍQUIDO	31
LÍMITE PLÁSTICO	22
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	9
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.8
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-1.8
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto



COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCION AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.3
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	14.5
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	85.2

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACION SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACION AASHTO (ASTM D3282)	A-4 (8)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad

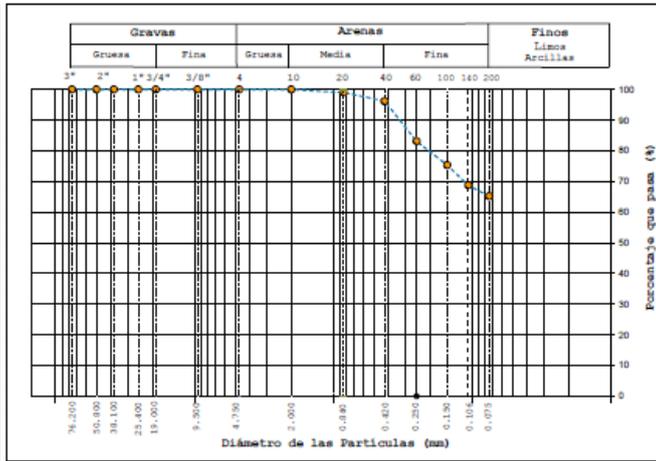
PERDIDA POR PROCESAMIENTO		
CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.4%

ASTM D3282-15/ D2487-17

ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	19/05/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 04	Ensayado por	: Ing. Pablo Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M44		
Profundidad	: 10 - 13 m.		

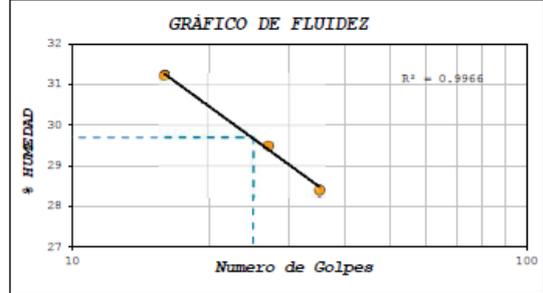
Masa inicial seca =	1455.91 g		
Masa lavada y seca =	510.20 g		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMISADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	0.00	100.0
N° 4	4.750	0.15	100.0
N° 10	2.000	0.29	100.0
N° 20	0.840	14.49	99.0
N° 40	0.425	40.48	96.2
N° 60	0.250	189.97	83.1
N° 100	0.150	113.65	75.3
N° 140	0.106	95.80	68.8
N° 200	0.075	51.63	65.2



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.3
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"A"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secado al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMISADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"A"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	30
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	---
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	---
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

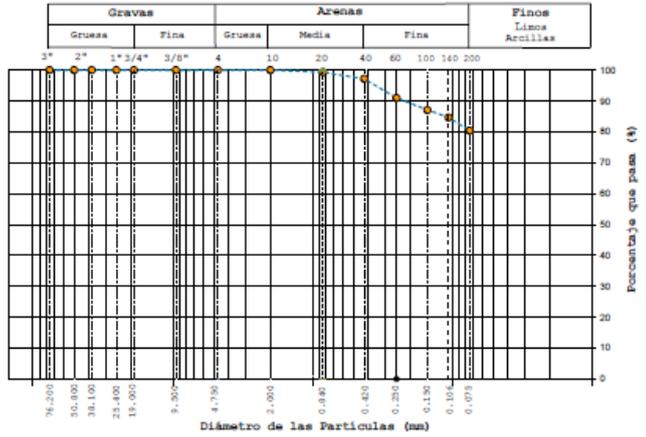
CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	ML
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D2822)	A-6 (4)
NOMBRE DEL GRUPO	Limo arenoso de baja plasticidad

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS		
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0	
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	34.8	
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	65.2	
PÉRDIDA POR PROCESAMIENTO		
CRITERIO	-	0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado	Tamizado
TOLERANCIA	-	0.2%

ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Proyecto	: Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	: ---		
Ubicación de Proyecto	: Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca.	Fecha de Ensayo:	19/05/2021
Material	: Perforación	Página:	1 de 1
Código de Muestra	: ---	Muestreado por	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez
Sondaje / Calicata	: Pozo 04	Ensayado por	: Ing. Fabio Garófalo - Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	: M47		
Profundidad	: 13 - 15 m.		

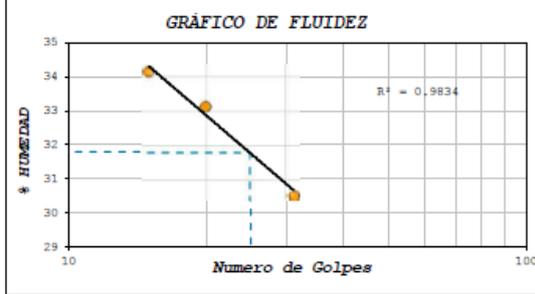
Masa inicial seca =	948.62 g		
Masa lavada y seca =	188.50 g		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMISADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	100.0
1"	25.400	0.00	100.0
3/4"	19.000	0.00	100.0
3/8"	9.500	0.00	100.0
N° 4	4.750	0.00	100.0
N° 10	2.000	0.14	100.0
N° 20	0.840	6.18	99.3
N° 40	0.425	20.68	97.2
N° 60	0.250	58.78	91.0
N° 100	0.150	36.82	87.1
N° 140	0.106	22.81	84.7
N° 200	0.075	40.77	80.4



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.6
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"A"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo
------------------------	--

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"A"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	32
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	---
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	---
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	ML
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (7)
NOMBRE DEL GRUPO	Limo de baja plasticidad con arena

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	19.6
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	80.4
PERDIDA POR PROCESAMIENTO	
CRITERIO	- 0.5%
FASE DE ENSAYO	Lavado Tamizado
TOLERANCIA	- 0.3%

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto	Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.		
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	---		
Ubicación de Proyecto	Parroquia Santa Ana, Canton Cuenca	Fecha de Ensayo:	18-may-21
Material	Muestra alterada	Página:	1 de 1

Código de Muestra	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	F24 Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
N° de Muestra	M44		
Profundidad	4.0 m.		

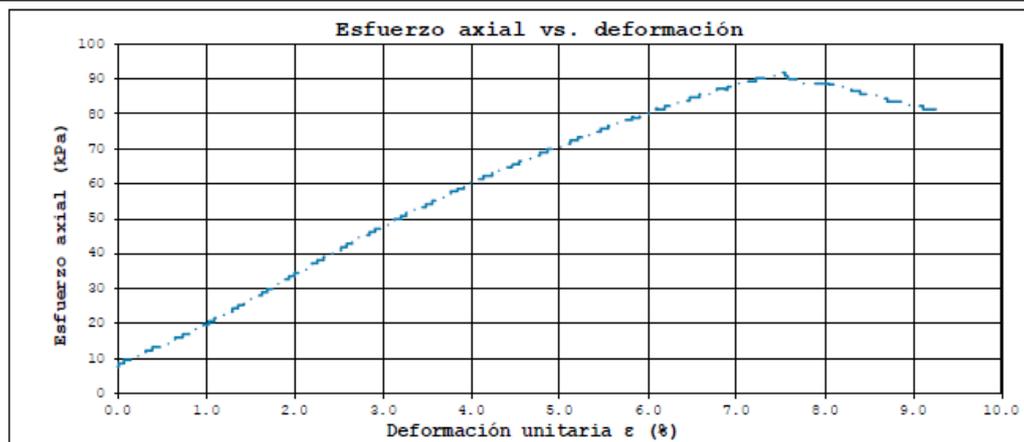
Descripción de la muestra:

Arcilla de baja plasticidad

Tipo de Falla: Mixta

Datos de la muestra:

Diámetro	36.530 mm
Área	1048.067 mm ²
Altura	74.800 mm
Volumen	78.395 cm ³
Masa del suelo húmedo	180.700 g
Masa suelo seco	146.791 g
Contenido de Humedad	23.100 %
Dens. húmeda	2.305 gr/cm ³
Dens. seca	1.872 gr/cm ³



qu =	91.8	kPa
Cohesión Cu =	45.9	kPa
Carga de rotura =	0.104	kN
Deformación axial a rotura =	5.571	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	7.4	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

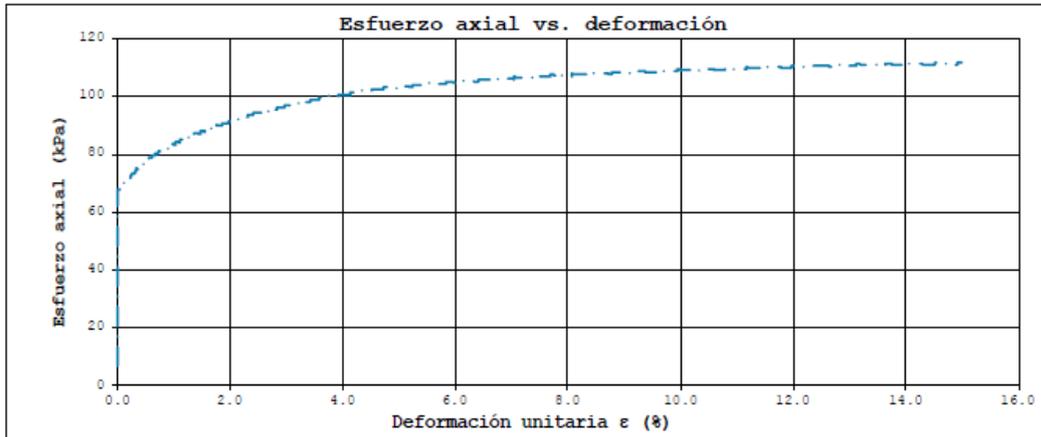
Proyecto	Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana		
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez		
Código del Proyecto	---		
Ubicación de Proyecto	Parroquia Santa Ana, Canton Cuenca	Fecha de Ensayo:	13-may-21
Material	Muestra alterada	Página:	1 de 1

Código de Muestra	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	Ps4	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	M46		
Profundidad	6.0 m.		

Descripción de la muestra:
Arcilla de baja plasticidad.

Tipo de Falla: Frgil

Datos de la muestra:	
Diámetro	39.260 mm
Area	1210.872 mm ²
Altura	78.230 mm
Volumen	91.192 cm ³
Masa del suelo húmedo	186.720 g
Masa suelo seco	163.217 g
Contenido de Humedad	14.400 %
Dens. húmeda	2.048 gr/cm ³
Dens. seca	1.790 gr/cm ³



qu =	111.7	kPa
Cohesión Cu =	55.9	kPa
Carga de rotura =	0.159	kN
Deformación axial a rotura =	11.238	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	14.9	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto	Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana	
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto	---	
Ubicación de Proyecto	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca	Fecha de Ensayo: 31-mar-21
Material	Muestra alterada	Página: 1 de 1

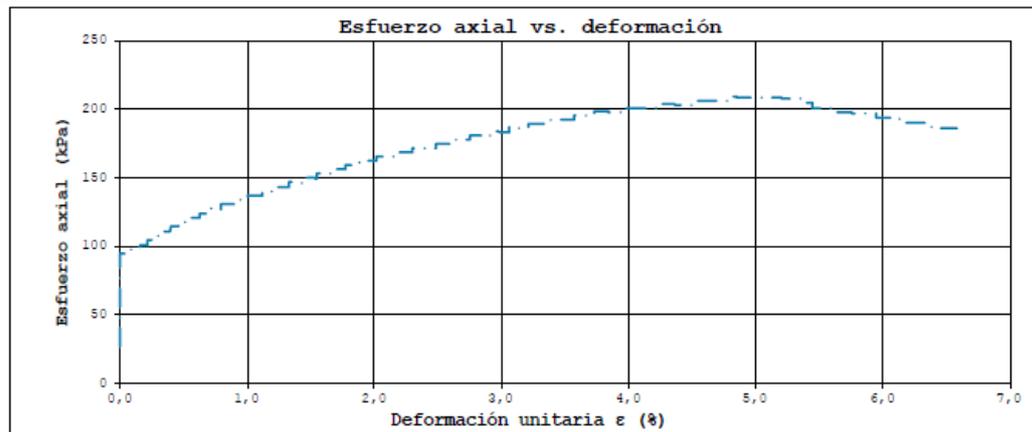
Código de Muestra	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	P=4	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	M47		
Profundidad	7.0 m.		

Descripción de la muestra:
Arcilla de baja plasticidad.

Tipo de Falla: Mixta

Datos de la muestra:

Diámetro	38,800 mm
Área	1182,370 mm ²
Altura	73,000 mm
Volumen	86,313 cm ³
Masa del suelo húmedo	179,360 g
Masa suelo seco	152,972 g
Contenido de Humedad	17,250 %
Dens. húmeda	2,078 gr/cm ³
Dens. seca	1,772 gr/cm ³



qu =	209,4	kPa
Cohesión Cu =	104,7	kPa
Carga de rotura =	0,065	kN
Deformación axial a rotura =	3,495	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	4,8	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Proyecto	Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto	---	
Ubicación de Proyecto	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca	Fecha de Ensayo: 13-may-21
Material	---	

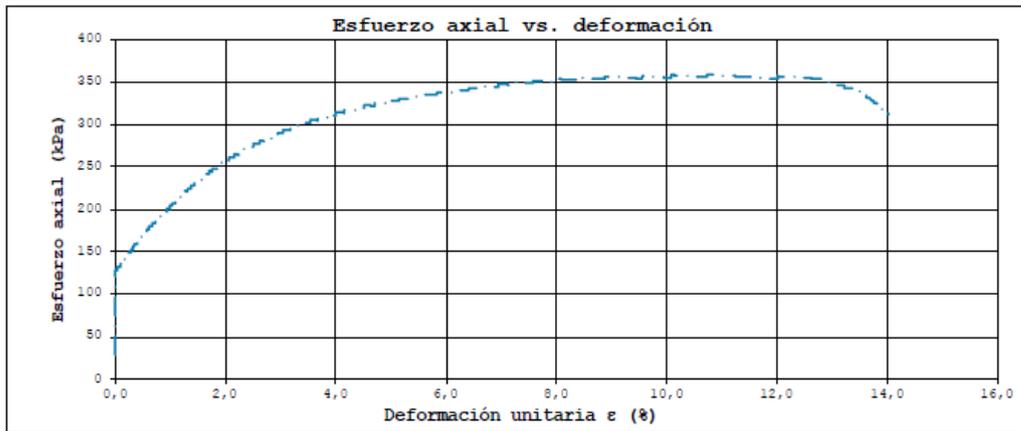
Código de Muestra	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	P4	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	M46	Muestra alterada	Página: 1 de 1
Profundidad	8.0 m.		

Descripción de la muestra:
Arcilla de baja plasticidad.

Tipo de Falla: Mixta

Datos de la muestra:

Diámetro	37,820 mm
Área	1123,990 mm ²
Altura	82,900 mm
Volumen	93,179 cm ³
Masa del suelo húmedo	201,230 g
Masa suelo seco	174,861 g
Contenido de Humedad	15,080 %
Dens. húmeda	2,160 gr/cm ³
Dens. seca	1,877 gr/cm ³



qu =	359,0	kPa
Cohesión Cu =	179,5	kPa
Carga de rotura =	0,114	kN
Deformación axial a rotura =	9,956	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	12,0	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto	Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana	
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto	---	
Ubicación de Proyecto	Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca	Fecha de Ensayo: 19-may-21
Material	Muestra alterada	Página: 1 de 1

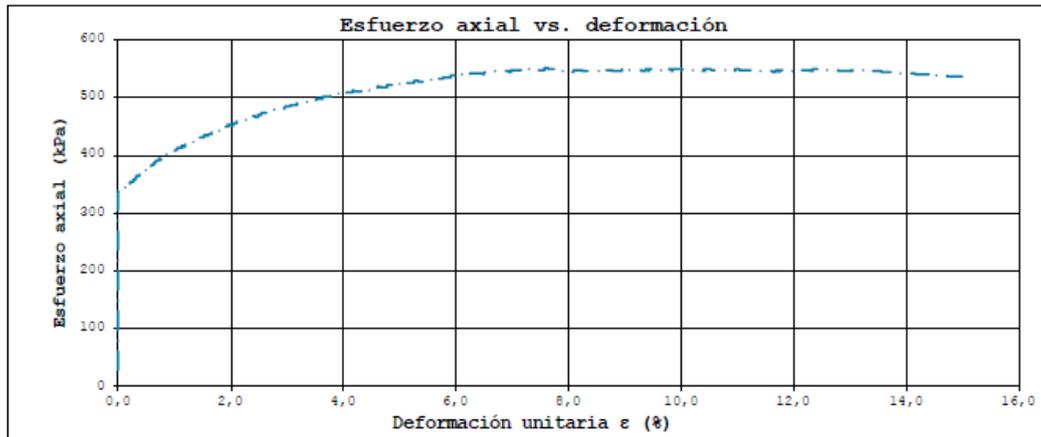
Código de Muestra	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	P24	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	M46		
Profundidad	11.0 m.		

Descripción de la muestra:
Limo arenoso de baja plasticidad.

Tipo de Falla: Mixta

Datos de la muestra:

Diámetro	38,460 mm
Area	1161,739 mm ²
Altura	73,060 mm
Volumen	84,877 cm ³
Masa del suelo húmedo	195,940 g
Masa suelo seco	170,472 g
Contenido de Humedad	14,940 %
Dens. húmeda	2,309 gr/cm ³
Dens. seca	2,008 gr/cm ³



qu =	550,5	kPa
Cohesión Cu =	275,3	kPa
Carga de rotura =	0,183	kN
Deformación axial a rotura =	9,514	mm
Deformación unitaria de rotura ε =	13,0	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

 Ingeniería y Geotécnica
 Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto	Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.	
Solicitante	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez	
Código del Proyecto	---	
Ubicación de Proyecto	Parroquia Santa Ana/Santón Cuenca	
Material	Muestra alterada	Página: 1 de 1

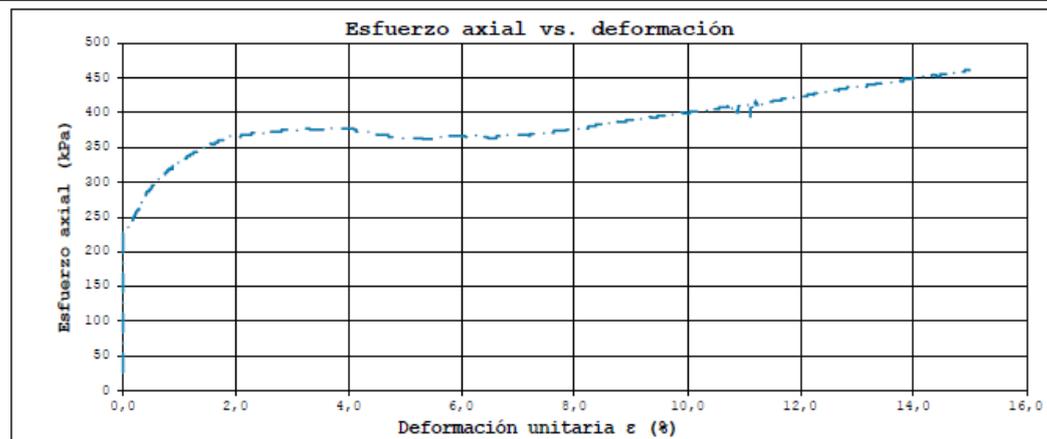
Código de Muestra	---	Muestreado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata	Ps4	Ensayado por:	Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra	M46		
Profundidad	12.0 m.		

 Descripción de la muestra:
 Limo arenoso de baja plasticidad.

Tipo de Falla: Mixta

Datos de la muestra:

Diámetro	39,930 mm
Area	1252,248 mm ²
Altura	82,880 mm
Volumen	102,723 cm ³
Masa del suelo húmedo	227,670 g
Masa suelo seco	195,308 g
Contenido de Humedad	16,570 %
Dens. húmeda	2,195 gr/cm ³
Dens. seca	1,883 gr/cm ³



q_u =	462,1	kPa
Cohesión C_u =	231,0	kPa
Carga de rotura =	0,170	kN
Deformación axial a rotura =	12,351	mm
Deformación unitaria de rotura ϵ =	14,9	(%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

ENSAYO ESTANDAR DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto Ensayos de Campo y Laboratorio en el talud de la vía de ingreso a la parroquia Santa Ana.
Solicitante Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Código del Proyecto ---
Ubicación de Proyecto Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca Fecha de Ensayo: 18-may-21
Material Muestra alterada Página: 1 de 1

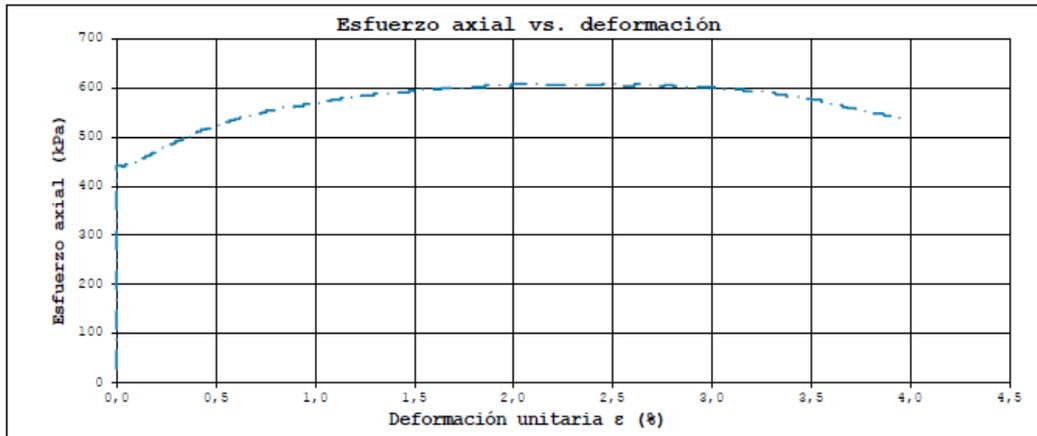
Código de Muestra --- Muestreado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
Sondaje/calicata Pa4 Ensayado por: Ing. Pablo Garófalo, Ing Alex Ordoñez
N° de Muestra M46
Profundidad 14.0 m.

Descripción de la muestra:
Limo de baja plasticidad con arena

Tipo de Falla: Frágil

Datos de la muestra:

Diámetro	38,430 mm
Area	1159,927 mm ²
Altura	84,660 mm
Volumen	98,199 cm ³
Masa del suelo húmedo	214,010 g
Masa suelo seco	191,714 g
Contenido de Humedad	11,630 %
Dens. húmeda	2,179 gr/cm ³
Dens. seca	1,952 gr/cm ³



qu = 608,9 kPa
Cohesión Cu = 304,4 kPa
Carga de rotura = 0,181 kN
Deformación axial a rotura = 2,073 mm
Deformación unitaria de rotura ε = 2,4 (%)

Nota: Las muestras han sido ensayadas con la humedad y densidad especificadas, si los datos de humedad y densidad cambian, los resultados de resistencia pueden alterarse notablemente.

Anexo 3

Reporte Fotogrametría

Santa Ana

Fotogrametría de la zona de deslizamiento para estudio.

17 October 2021



Datos del levantamiento

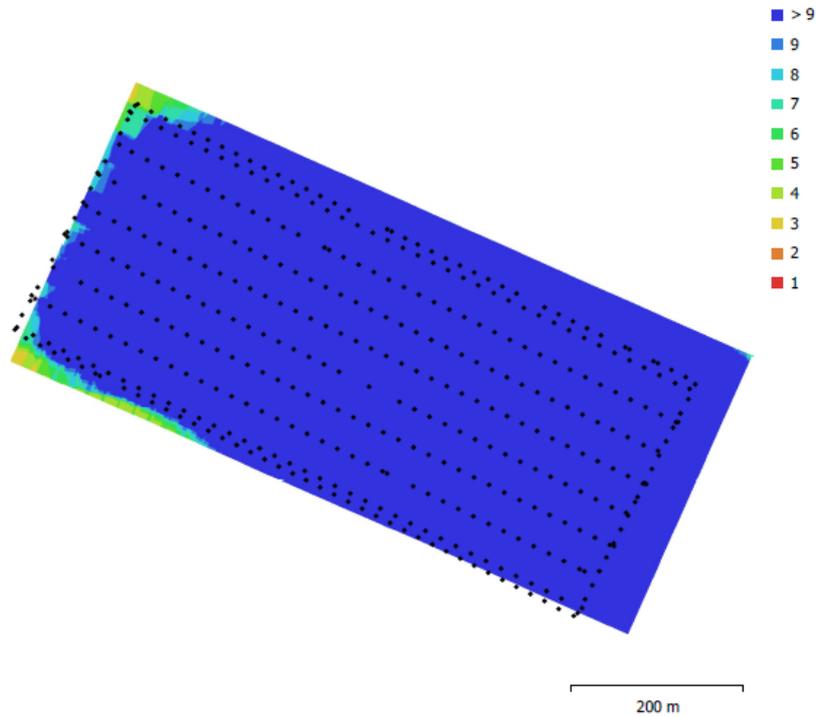


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 416	Panorámicas multicámara: 416
Altitud media de vuelo: 155 m	Puntos de paso: 310,765
Resolución en terreno: 3.91 cm/pix	Proyecciones: 1,352,010
Área cubierta: 0.28 km ²	Error de reproyección: 0.781 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310 (8.8mm)	4864 x 3648	8.8 mm	2.61 x 2.61 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

Posiciones de cámaras

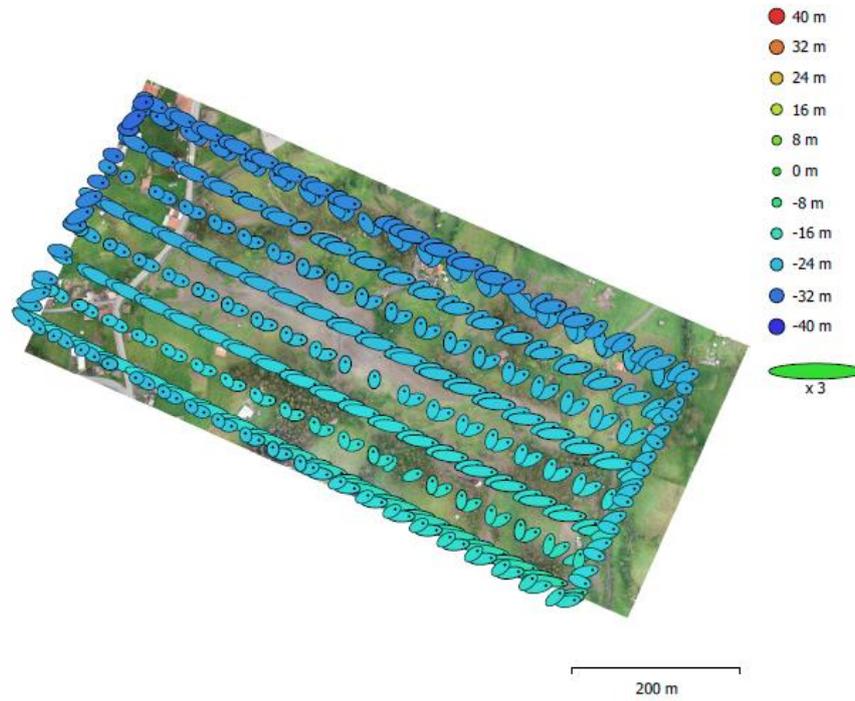


Fig. 3. Posiciones de cámaras y estimadores de error.

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.

Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

Error en X (m)	Error en Y (m)	Error en Z (m)	Error en XY (m)	Error combinado (m)
5.5541	2.18618	23.4881	5.96887	24.2347

Tabla 3. Errores medios de las posiciones de cámaras.

X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Puntos de control terrestre

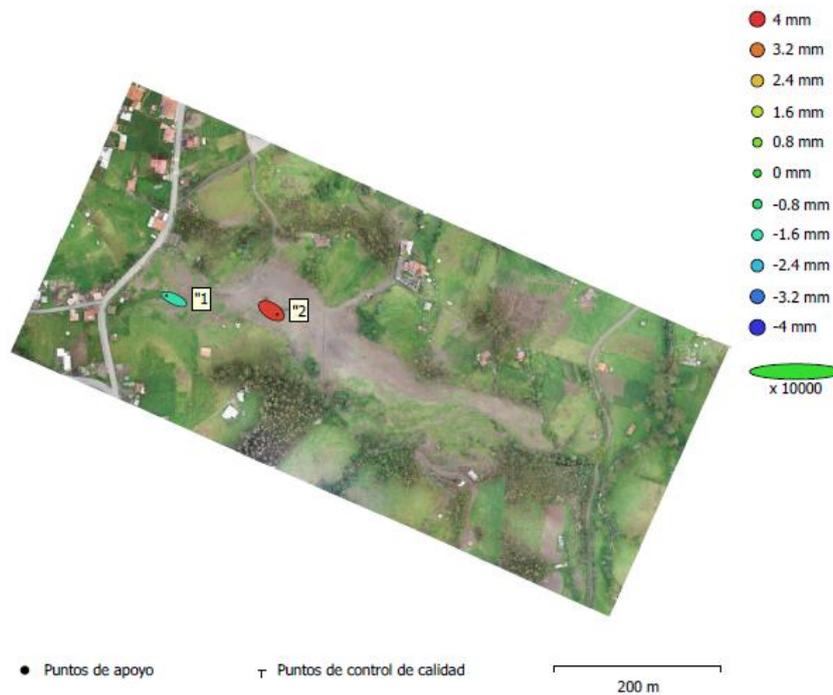


Fig. 4. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores.
El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.

Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Número	Error en X (mm)	Error en Y (mm)	Error en Z (mm)	Error en XY (mm)	Total (mm)
2	1.604	0.864013	2.92359	1.8219	3.44481

Tabla 4. ECM de puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Nombre	Error en X (mm)	Error en Y (mm)	Error en Z (mm)	Total (mm)	Imagen (pix)
"1	-1.81549	0.840425	-1.42753	2.45768	0.407 (32)
"2	1.36	-0.886974	3.88032	4.20633	0.259 (73)
Total	1.604	0.864013	2.92359	3.44481	0.312

Tabla 5. Puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Calibración de cámara

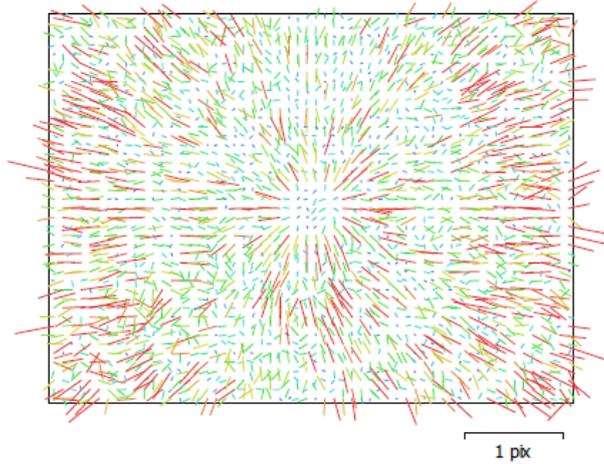


Fig. 2. Gráfico de residuos para FC6310 (8.8mm).

FC6310 (8.8mm)

416 imágenes

Tipo
Cuadro

Resolución
4864 x 3648

Distancia focal
8.8 mm

Tamaño de píxel
2.61 x 2.61 micras

	Valor	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
F	3636.97	0.053	1.00	-0.02	-0.25	-0.65	-0.03	-0.20	0.20	-0.18	0.16	-0.04	-0.10
Cx	-19.3599	0.022		1.00	0.00	0.03	0.25	0.01	-0.01	0.01	-0.02	0.72	0.00
Cy	12.5242	0.023			1.00	-0.00	0.01	-0.01	-0.00	0.00	-0.00	-0.01	0.66
B1	-0.455311	0.018				1.00	0.03	0.01	-0.03	0.02	-0.02	0.06	0.04
B2	0.260446	0.015					1.00	0.01	-0.01	0.01	-0.01	-0.02	-0.01
K1	0.00646102	5.8e-005						1.00	-0.97	0.92	-0.87	-0.01	-0.02
K2	-0.0773078	0.00032							1.00	-0.99	0.96	0.00	-0.00
K3	0.155085	0.00071								1.00	-0.99	0.00	0.00
K4	-0.104009	0.00053									1.00	-0.01	-0.00
P1	-0.00123338	1.9e-006										1.00	-0.02
P2	-0.000318747	1.8e-006											1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Modelo digital de elevaciones

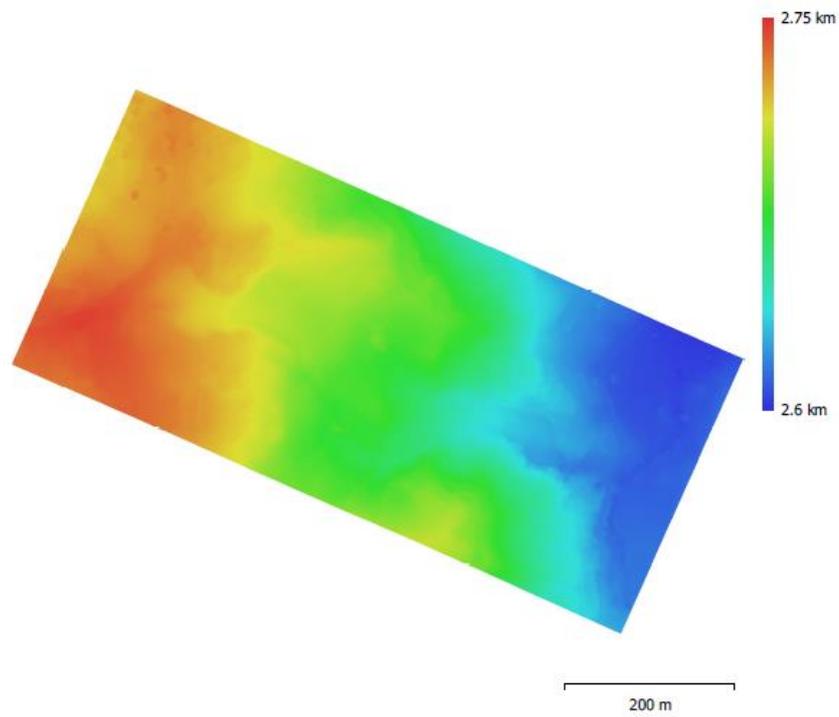


Fig. 5. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 15.6 cm/pix
Densidad de puntos: 41 puntos/m²

Parámetros de procesamiento

Generales

Cámaras	416
Cámaras orientadas	416
Marcadores	2

Formas

Políneas	276
Polígonos	2168
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 17S (EPSG::32717)
Ángulo de rotación	Guñada, cabeceo, alabeo

Nube de puntos

Puntos	310,765 de 375,468
RMS error de reproyección	0.146355 (0.781313 pix)
Error de reproyección máximo	1.1411 (41.3994 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	4.89675 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	4.65305

Parámetros de orientación

Precisión	Alta
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Sí
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de paso por foto	4,000
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	Sí
Tiempo búsqueda de emparejamientos	5 minutos 19 segundos
Tiempo de orientación	5 minutos 56 segundos

Parámetros de optimización

Parámetros	f, b1, b2, cx, cy, k1-k4, p1, p2
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	No
Tiempo de optimización	11 segundos
Versión del programa	1.5.2.7838

Mapas de profundidad

Número	416
--------	-----

Parámetros de obtención de mapas de profundidad

Calidad	Alta
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	2 horas 12 minutos
Versión del programa	1.5.2.7838

Nube de puntos densa

Puntos	22,917,422
Colores de puntos	3 bandas, uint8

Parámetros de obtención de mapas de profundidad

Calidad	Media
Nivel de filtrado	Leve
Tiempo de procesamiento	41 minutos 44 segundos

Parámetros de generación de la nube densa

Tiempo de procesamiento	1 hora 29 minutos
Versión del programa	1.5.2.7838

Modelo digital de elevaciones

Tamaño	5,546 x 4,168
--------	---------------

Generales

Sistema de coordenadas

WGS 84 / UTM zone 17S (EPSG::32717)

Parámetros de reconstrucción

Datos fuente

Nube de puntos densa

Interpolación

Habilitada

Tiempo de procesamiento

28 segundos

Versión del programa

1.5.2.7838

Ortomosaico

Tamaño

22,043 x 16,555

Sistema de coordenadas

WGS 84 / UTM zone 17S (EPSG::32717)

Colores

3 bandas, uint8

Parámetros de reconstrucción

Modo de mezcla

Mosaico

Superficie

Modelo digital de elevaciones

Permitir el cierre de agujeros

Sí

Tiempo de procesamiento

11 minutos 34 segundos

Versión del programa

1.5.2.7838

Software

Versión

1.5.2 build 7838

Plataforma

Windows 64

Anexo 4

Reporte Fotografico

SONDEO # 1



SONDEO #2



SONDEO #3



SONDEO #4

