



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE AGRONOMÍA
CARRERA: INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y MINAS**

**“ESTUDIO GEOTÉCNICO EN EL ÁREA DEL SUBCENTRO DE
SALUD SEVILLA DON BOSCO Y LEVANTAMIENTO
GEOLÓGICO DEL CENTRO POBLADO SEVILLA DON BOSCO”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA TITULACIÓN DE
GRADO**

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TÍTULO DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS**

**AUTORA:
MERY VALERIA CHICA SIRANAULA**

MACAS- ECUADOR

2018



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO

INFORME DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Macas, 30 de julio del 2018

Los que al pie suscribimos en el presente documento, en calidad de **director del trabajo de titulación y miembro del trabajo de titulación** de la señorita Mery Valeria Chica Siranaula, estudiante de la carrera de Geología y Minas, Facultad de Recursos Naturales, Extensión morona Santiago una vez que hemos revisado y comprobado la culminación del proyecto técnico, con el tema: "ESTUDIO GEOTÉCNICO EN EL AREA DEL SUBCENTRO DE SALUD SEVILLA DON BOSCO Y LEVANTAMIENTO GEOLOGICO DEL CENTRO POBLADO SEVILLA DON BOSCO", se aprueba el informe del trabajo de titulación y certificamos que se encuentra apto para la defensa oral, finalizado en un 100%, firmamos expresando mediante este documento como idóneo para realizar el acto de defensa oral pública.

Es cuanto podemos certificar en honor a la verdad.

Atentamente

Ing. Marco Mejía. Mgs.

Director del trabajo de titulación

Ing. Jenny Granja. Mgs.

Miembro del trabajo de titulación

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Mery Valeria Chica Siranaula, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos constantes y el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Macas, 6 de Julio de 2018.



Mery Valeria Chica Siranaula

C.I.:140048061-0

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios, a mi hija Heaven Valeria, a mis padres Martha e Ignacio, mi familia, a Louis, a mis compañeros y amigos que de una u otra forma me han apoyado para culminar mis estudios universitarios y alcanzar una más de mis metas.

Valeria Chica.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme salud y vida para culminar mis estudios. A mi hija Heaven, por ser mi inspiración, a mis padres y mi familia por ser un pilar en mis momentos de flaqueza.

A la ESPOCH Extensión Morona Santiago, a los docentes, personal administrativo y compañeros de la Escuela de Geología y Minas, por su colaboración y en especial a los Ingenieros Marco Mejía y Jenny Granja, por guiarme de la mejor manera en el desarrollo y culminación de este trabajo.

Al Ministerio de Salud de Morona Santiago, en la persona del Ing. Volmer Coronel, encargado del departamento de Gestión de Riesgos, al Departamento de Obras Públicas del Consejo Provincial en la persona del Técnico Carlos Sarmiento, encargado del Laboratorio de Suelos y a los Ing. Fernando Fierro e Ing. David Granja, por su aporte para el desarrollo de este trabajo.

A Eduardo, Jerson, Jhoselyn y Mayra por su valiosa colaboración.

Contenido

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	II
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
Índice de tablas	VIII
Índice de figuras	IX
Índice de anexos.....	X
RESUMEN	; Error! Marcador no definido.
ABSTRACT	; Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General	3
1.5 Hipótesis	3
1.6 Generalidades	3
1.6.1 Ubicación	3
1.6.2 Ubicación Geográfica	4
1.6.3 Acceso.....	4
1.6.4 Clima.....	5
1.6.5 Flora y fauna	5
1.6.6 Aspectos socioeconómicos y culturales	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1 Geología regional.....	6
2.2 Topografía.....	8

2.3 Geotecnia.....	8
2.3.1 Descripción y clasificación de suelos.....	9
2.4 Geología de campo.....	15
2.5 Sismicidad	15
CAPÍTULO III: DISEÑO Y EXPERIMENTACIÓN	16
3.1 Metodología.....	16
3.1.1 Documentación y recopilación de información.....	16
3.1.2 Trabajo de campo	16
3.1.3 Ensayos de laboratorio	19
3.1.4 Sismicidad local.....	25
CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	28
4.1 Resultados de los ensayos de laboratorio de las propiedades físicas de los suelos.	28
4.2 Análisis e interpretación de la estratigrafía	29
4.3 Resultados de los ensayos SPT	30
4.4 Análisis de sismicidad	32
CONCLUSIONES	34
RECOMENDACIONES	35
BIBLIOGRAFÍA	36
ANEXOS	37

Índice de tablas

Tabla 1-1. Coordenadas del SCS Sevilla Don Bosco	3
Tabla 2-1. Coordenadas del área del Centro Poblado Sevilla Don Bosco	4
Tabla 3-2. Tamices y aberturas de tamices para el ensayo según la norma ASTM D 422	10
Tabla 4-2. Nomenclatura clasificación según AASHTO	11
Tabla 5-2. Nomenclatura y clasificación según SUCS	11
Tabla 6-2: Diferencias de tamaños de partículas.....	11
Tabla 7- 3: Coordenadas y profundidad de las calicatas.....	18
Tabla 8-4: Análisis de laboratorio muestra M1C1.....	28
Tabla 9-4: Resultados de tipos de suelos de muestras de calicatas.	28
Tabla 10-4: Resultados de ensayos de laboratorio: Gravedad específica de la masa y porcentaje de absorción.	29
Tabla 11-4: Descripción estratigráfica.	29
Tabla 12-4: Determinación tipo de suelo Normas NEC.....	31
Tabla 13-4: Análisis de capacidad de carga por asentamiento SPT 1	32
Tabla 14-4: Análisis de capacidad de carga por asentamiento SPT 2	32

Índice de figuras

Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio.	4
Figura 2: Mapa de acceso a la zona de estudio.	5
Figura 3. Mapa geológico regional del área de estudio.	8
Figura 4: Límites de Atterberg.....	12
Figura 5: Esquematación general del mecanismo del Ensayo SPT.....	14
Figura 7: Mapa de ubicación de las calicatas.....	18
Figura 6: Realización de calicatas y toma de muestras.	19
Figura 8: Pesaje de muestras para el ensayo de humedad natural del (ASTM D2216).	20
Figura 9: Muestras preparadas para los ensayos granulométricos.	21
Figura 10: Ensamble y tamizaje de las muestras.....	21
Figura 11: a: Preparación de la muestra para el ensayo de LL; b: ensayo de la muestra en la cuchara de casa grande; c: ensayo de plasticidad.....	22
Figura 12: Ensayo de picnómetro.....	24
Figura 13: Puntos de ubicación de los ensayos SPT	24
Figura 14: a. Ensamblaje del equipo SPT; b. Recuperación de muestra de suelo; c. Embalaje, etiquetado de la muestra recuperada.....	25
Figura 15: Columna estratigráfica de los sondeos SPT. Correlación estratigráfica.....	31
Figura 16: Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z.....	33

Índice de anexos

Anexo 1: Ficha geológica P2	37
Anexo 2: Ficha geológica P3	37
Anexo 3: Ficha geológica P4	38
Anexo 4: Ficha geológica P5	38
Anexo 5: Ficha geológica P6	39
Anexo 6: Ficha geológica P7	39
Anexo 7: Ficha geológica P8	40
Anexo 8: Ficha geológica P9	41
Anexo 9: Ensamble del equipo SPT	42
Anexo 10: Registro de perforación SPT	42
Anexo 11: Muestras extraídas	42
Anexo 12: Muestras secas para ensayos	43
Anexo 13: Realización de análisis de límites de Atterberg	43
Anexo 14: Realización de calicatas	44
Anexo 15: Trabajo de campo.....	44
Anexo 16: Análisis muestra M1C1.....	45
Anexo 17: Análisis muestra M2C2.....	46
Anexo 18: Análisis muestra M3C3.....	47
Anexo19: Análisis muestra M4C4.....	48
Anexo 20: Análisis muestra M5C5.....	49
Anexo21: Análisis muestra M6C6.....	50
Anexo 22: Gravedad específica muestra M1C1.....	51
Anexo 23: Gravedad específica muestra M2C2.....	52
Anexo 24: Gravedad específica muestra M3C3.....	53
Anexo 25: Gravedad específica muestra M4C4.....	54
Anexo 26: Gravedad específica muestra M5C5.....	55

Anexo 27: Gravedad específica muestra M6C6.....	56
Anexo 28: Perfil estratigráfico pozo 1	57
Anexo 29: Ensayo de clasificación pozo 1 de 0 – 0,5m	58
Anexo 31: Ensayo de clasificación pozo 1 de 2 – 2,5m	60
Anexo 32: Ensayo de clasificación pozo 1 de 3 – 3,5m	61
Anexo 33: Ensayo de clasificación pozo 1 de 4 – 4,5m	62
Anexo 34: Perfil estratigráfico pozo 2	63
Anexo 35: Ensayo de clasificación pozo 2 de 0 – 0,5m	64
Anexo 36: Ensayo de clasificación pozo 2 de 1 – 1,5m	65
Anexo 37: Ensayo de clasificación pozo 2 de 2 – 2,5m	66
Anexo 38: Ensayo de clasificación pozo 2 de 3 – 3,5m	67
Anexo 39: Ensayo de clasificación pozo 2 de 4 – 4,5.....	68
Anexo 40: Mapa Topográfico del área del Subcentro de Salud Sevilla Don Bosco.	69
Anexo 41: Mapa Topográfico del Centro Poblado Sevilla Don Bosco.	70
Anexo 42: Mapa Geológico Local del Centro Poblado Sevilla Don Bosco.....	71

RESUMEN

La presente investigación propone: estudio geotécnico del área del Subcentro de Salud Sevilla Don Bosco, el levantamiento geológico y el análisis de sismicidad local del centro poblado del mismo nombre; circunscritos en el cantón Morona, provincia de Morona Santiago; durante el desarrollo del trabajo de campo, donde se realizó el levantamiento geológico, muestreo y topografía; seguido por el análisis de laboratorio de las muestras obtenidas en 6 calicatas; paralelamente 2 ensayos de penetración estándar en el área de estudio; las mismas que aportan con: la litología, características, clasificación y capacidad portante de suelo. En el trabajo de gabinete se realiza la tabulación de datos, elaboración de mapas temáticos e interpretación de resultados para obtener la litología que se verá reflejada en el mapa geológico con cuatro litologías definidas como Coluvial 1, Coluvial 2, Ceniza volcánica y la Formación Mera. La caracterización geotécnica del área de estudio clasifica al suelo como limos de alta y baja plasticidad, arena con componente arcilloso y arcilla limosa. El análisis de sismicidad local se realiza aplicando las leyes de atenuación de Goldsack y Esteva Villaverde para determinar el nivel de sismicidad del área de estudio que corresponde a una de sismicidad intermedia según el análisis, pero para estudios posteriores se recomienda otorgar a la zona una sismicidad alta de acuerdo a la normas NEC pues la zona de estudio contiene una litología que favorece la propagación de ondas sísmicas. En base a los resultados obtenidos el suelo del área donde se pretenda realizar la construcción debe ser reemplazado y las cimentaciones deberán hacerse a una profundidad mínima de -4m bajo el nivel natural del suelo.

Palabras clave: LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO – GEOTECNIA – SISMICIDAD – MAPA GEOLÓGICO.

Por: Valeria Chica



Abstract

This research proposes: geotechnical study of the area in Subcentro de Salud Sevilla , Don Bosco the geological survey and the local seismicity analysis in the place where the research took place in Morona canton, Morona Santiago province; during the development of the field work, where the geological survey, sampling and topography were carried out; next of it , a laboratory analysis of the samples gotten in 6 test pits; in parallel 2 standard penetration tests in study area; which contribute with: the lithology, characteristics, classification and capacity of the soil. The data tabulation, elaboration of thematic maps and interpretation of results to obtain the lithology that will be reflected in the geological map with four lithologies defined as Coluvial1, Coluvial 2, volcanic ash and pliocene are developed in the cabinet work. The geotechnical characterization of the study area classifies the soil as high and low plasticity sand, silts with clayey component and silty clay. The analysis of local seismicity is carried out applying the attenuation laws of Goldsack and Esteva Villavaerde, determining the level of seismicity of the study area that corresponds to an intermediate seismicity according to the analysis, but it is recommended, grant the area of high seismicity according to NEC standard due that the study area contains a lithology that contributes to seismic waves propagation. Based on the results obtained, the soil in the area where the construction is intended must be replaced and the foundations must be made at a minimum depth of - 4m below the natural level of the soil.

Keywords: GEOLOGICAL SURVEY - GEOTECHNICAL - SEISMICITY - GEOLOGICAL MAP.



INTRODUCCIÓN

La Geología, ciencia que estudia la tierra y la Geotecnia como rama de la geología encargada de determinar las propiedades físicas del suelo; aportan información importante para el desarrollo de obras civiles valorando la idoneidad de un suelo para la construcción de la misma.

El Subcentro de Salud Sevilla Don Bosco está ubicado en la comunidad de Sevilla Don Bosco, perteneciente a la parroquia Sevilla Don Bosco, cuya infraestructura fue inaugurada en el año 1990, y actualmente tiene asignada una población de 6.460 ciudadanos (fuente estadística Sevilla Don Bosco, actualizado a enero del 2017), y actualmente el Ministerio de Salud se encuentra coordinando acciones para el incremento de consultorios, para lo cual es necesario un estudio geotécnico del área donde se encuentra ubicada éste Subcentro.

Con lo expuesto anteriormente, la investigación propuesta se va a realizar mediante el estudio del entorno y la realización de Ensayos SPT en el lugar donde se localiza esta obra civil, el cual servirá para determinar si el terreno donde actualmente se encuentra construida esta infraestructura, es viable para desarrollar el proyecto de su ampliación.

CAPÍTULO I. MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

El Subcentro de Salud Sevilla Don Bosco, con una superficie total de 2666,14 m², en la actualidad la cifra de pacientes ha incrementado de 6.460 a 8.000 personas aproximadamente según datos proporcionados por el Departamento de Gestión de Riesgos del MSP de Morona Santiago.

Con este antecedente, el Ministerio de Salud, prevé inyectar recursos del estado para aumentar la infraestructura de este Subcentro de Salud.

1.2 Planteamiento del problema

En los cantones amazónicos originalmente se produjeron asentamientos por ciertas comodidades como cercanía a ríos o por los accesos que se generaban al colonizar determinado sector. Luego se establecieron poblados definidos en los que poco a poco se mejoraron la infraestructura de servicios, pero sin la respectiva información geológica y estudios técnicos; conforme las prácticas de construcción han ido evolucionando se han hecho evidentes problemas de deslizamiento, hundimiento, saturación de suelos, etc. Además, al no existir una adecuada planificación para la distribución territorial y la expansión poblacional es común que las infraestructuras civiles sean afectadas por problemas geotécnicos y geológicos.

Razón por la cual el Departamento de Gestión de Riesgos del Ministerio de Salud ha expresado la importancia de obtener información de la calidad del suelo del área donde se encuentra la infraestructura del Subcentro de Salud Sevilla Don Bosco, a fin de garantizar la vida útil de la infraestructura implementada y proyectar el incremento de consultorios médicos para mejorar la atención a los usuarios.

1.3 Justificación

El Departamento de Gestión de Riesgos del Ministerio de Salud de Morona Santiago, en su búsqueda para desarrollar acciones de análisis y reducción de riesgos y evitar daños en la infraestructura del sector salud, ha solicitado la realización del estudio geotécnico del Subcentro de Salud Sevilla Don Bosco y el levantamiento geológico del área del centro poblado donde se encuentra ubicada esta obra.

El propósito de la siguiente investigación es determinar las características geotécnicas del suelo donde se encuentra asentada la infraestructura indicada y que se halla dispersa en una superficie aproximada a 2666,14 m² dentro del centro parroquial, buscando establecer la idoneidad del terreno para la ampliación y proyección de la nueva infraestructura de manera correcta o en su defecto reubicar la obra civil.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Realizar el estudio geotécnico del área del Subcentro de Salud Sevilla Don Bosco.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento geológico del centro poblado Sevilla Don Bosco.
- Definir las características del suelo mediante análisis geotécnico del mismo en el área del Subcentro de Salud.
- Realizar el análisis de sismicidad local del Subcentro de Salud.
- Entregar la cartografía a escala 1:5.000 del centro poblado Sevilla Don Bosco.
- Interpretar los resultados del estudio geotécnico y proponer soluciones.

1.5 Hipótesis

El estudio geotécnico del área del Subcentro de Salud Sevilla Don Bosco permitirá establecer la capacidad portante del suelo para la ampliación de este.

1.6 Generalidades

1.6.1 Ubicación

El trabajo de investigación que se propone a continuación está localizado en el centro poblado Sevilla Don Bosco, en la Parroquia Sevilla Don Bosco, perteneciente al Cantón Morona, Provincia de Morona Santiago, el lugar dentro del cual se llevará a cabo el estudio de suelo corresponde al área del Subcentro de Salud Sevilla Don Bosco y el levantamiento geológico abarcará el área del centro poblado de Sevilla Don Bosco.

El Subcentro de Salud Sevilla Don Bosco se localiza al Norte de la parroquia Sevilla Don Bosco, en la comunidad del mismo nombre, en las Coordenadas UTM WGS-84 dentro de la zona 17M al Este 822757 y al Sur 9743652.

Tabla 1-1. *Coordenadas del SCS Sevilla Don Bosco*

Punto	X	Y
0	822757	9743652
1	822753	9743615
2	822685	9743622
3	822684	9743660

Elaborado por: V. Chica, 2018.

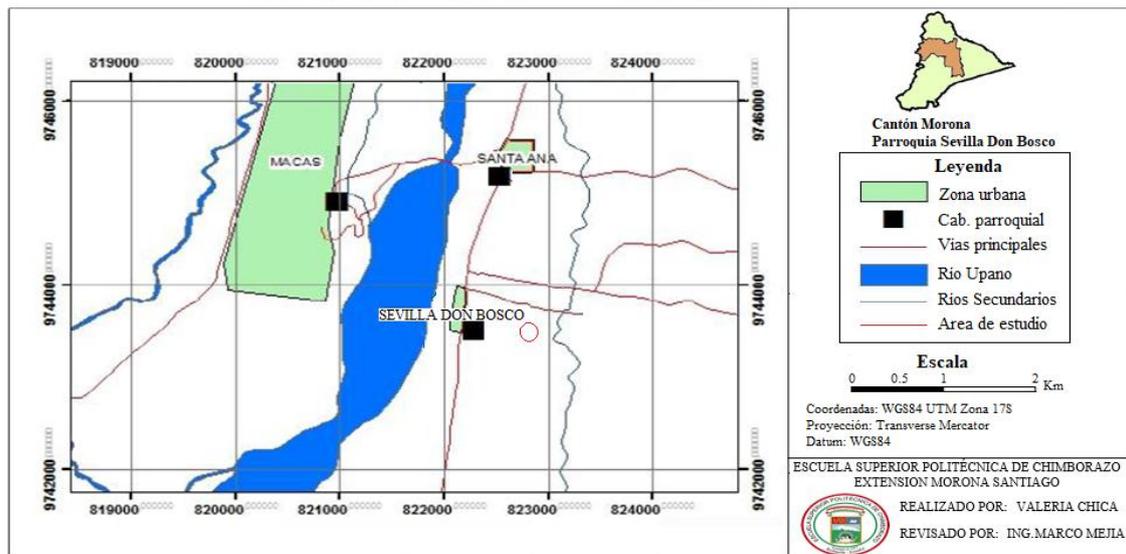
Tabla 2-1. *Coordenadas del área del Centro Poblado Sevilla Don Bosco*

Punto	X	Y
1	822026	9744176
2	823014	9743231
3	821831	9743241
4	823141	9743970

Elaborado por: V. Chica, 2018

1.6.2 Ubicación Geográfica

MAPA DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO



*Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio.
Elaborado por: V. Chica, 2018.*

1.6.3 Acceso

El acceso se puede realizar desde la ciudad de Macas, por una vía de primer orden que conduce hacia la parroquia de Sevilla Don Bosco. Se toma la calle transversal sin nombre junto al Parque Central, se avanza hasta el Barrio Las Palmas hasta llegar al Subcentro de Salud Sevilla Don Bosco como indica la ruta de la Figura 2.



*Figura 2: Mapa de acceso a la zona de estudio.
Elaborado por: V. Chica, 2018.*

1.6.4 Clima

En general, el clima es cálido, caracterizado además por sus elevadas precipitaciones y temperaturas regulares a elevadas a lo largo del año, con escasa oscilación térmica. Por estas características definen dos estaciones, húmeda y seca. (GADPR de Sevilla Don Bosco, 2014)

1.6.5 Flora y fauna

La flora y fauna de la zona de estudio se ha visto desplazada por el continuo avance en la población y construcción de nuevas viviendas, por esta razón es difícil apreciar de cerca las distintas especies de fauna del lugar, siendo posible hacerlo únicamente en las zonas aledañas y en los sectores carentes de construcciones.

La flora de la zona está caracterizada por la presencia de árboles maderables como el Copal y el Seique, utilizados para la obtención de madera, el árbol más representativo es el laurel, así como el bejuco y palmeras utilizadas para la elaboración de viviendas, uso doméstico y artesanías.

La fauna de la zona y alrededores corresponde a mamíferos como: guatusa, cuchucho, así como aves dentro de las cuales se tiene: gavián pollero, loros, pava de monte y gallinazos. (GADPR de Sevilla Don Bosco, 2014).

1.6.6 Aspectos socioeconómicos y culturales

La zona de estudio corresponde a una población formada por mestizos y mayoritariamente por gente de la etnia Shuar. La base de sustento económico de la población es la agricultura y la ganadería.

La economía se dinamiza con la producción y comercio de alimentos como yuca, papachina, pelma, papaya, banano, oritos, chontas, palmito, plátano, maíz y naranjilla,

así como la cría - venta de ganado y pescado en el mercado parroquial o en la cabecera cantonal Morona.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Geología regional

Según el libro “La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo”, (Barragán, Christophoul, White, Rivadeneira, & Baby, 2004) en la sección Valle del Río Upano; en relación a la superficie Mera Upano indica que, en el Pleistoceno medio y superior se depositaron lahares en el valle del Upano provenientes del volcán Sangay debido al resultado de dos colapsos sucesivos del edificio del volcán en 260 y 50 ka BP.

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona perteneciente a la Cordillera de Cutucú, caracterizada por un ambiente geológico Cuaternario (cuenca de tras arco con sedimentos continentales), rocas metamórficas del Jurásico (sedimentos de plataforma marina y cuenca volcánico- sedimentaria de rift continental), según el *Mapa Tectono-Metalogénico de la República del Ecuador, 1993*.

F. Santiago Js (Jurásico inferior): calizas marinas, con intercalaciones de lutitas, areniscas y rocas volcánicas (piroclásticos) forman gran parte de la Cordillera Cutucú. (Tschopp, 1945; Baldock, 1982)

F. Chapiza JCh (Jurásico - cretáceo inferior): “esta unidad comprende una sucesión de sedimentos clásticos de tipo continental de baja inmersión, no metamorfoseados, superpuestos por el miembro volcánico de Misahualli” (Tschopp, 1945)

La unidad Chapiza forma gran parte de la cordillera Cutucú (Aspden & Ivimey – Cook, 1992).

La secuencia sedimentaria de Chapiza de la Cordillera Cutucú comprende alrededor de 2500 m de lutitas y areniscas rojas, rosadas y grises con finos horizontes de anhidrita, dolomita y yeso. (Tschopp, 1945)

F. Misahuallí JM (Cretácico inferior): esta formación está comprendida por lavas y piroclastos andesíticos. (Tschopp, 1945)

Areniscas Hollín KH (Cretácico inferior) Esta formación corresponde a una secuencia de areniscas cuarzosas de color blanco, de grano medio a grueso, maciza o con estratificación cruzada, mostrando a veces ripple marks, a veces se tiene capas guijarrosas e intercalaciones con lutitas arenosas oscuras, localmente micáceas y lutitas carbonosas negras, contiene también impregnaciones de asfalto. (Wasson & Sinclair, 1927)

F. Mesa PL_{MS} (Plio – Pleistoceno) Corresponde a depósito de piedemonte, vulcano fluvial, dispuestas en cinco niveles de terrazas escalonadas, está conformada por areniscas tobáceas y tobas arenosas, presencia de conglomerados e intercalaciones arcillosas, dispuestas de manera alternada parcialmente cubiertas por depósitos Cuaternarios posteriores. (Tschopp, 1945)

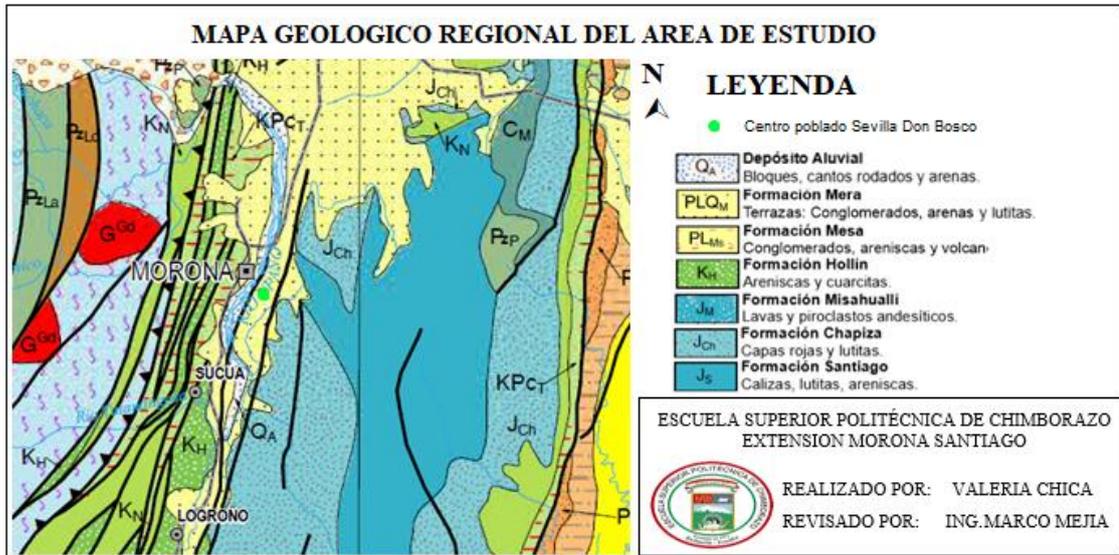
F. Mera PL_{QM} (Cuaternario): Corresponde a depósito de piedemonte, vulcano fluvial, dispuestas en cinco niveles de terrazas escalonadas, está conformada por areniscas tobáceas y tobas arenosas, presencia de conglomerados e intercalaciones arcillosas, dispuestas de manera alternada parcialmente cubiertas por depósitos Cuaternarios posteriores. (Tschopp, 1945)

Depósito Cuaternarios: dentro de los cuales tenemos:

Aluvial Q_A: conformados por rocas de diferentes litologías, bloques, cantos rodados, gravas redondeadas a sub redondeadas en una matriz limo – arenosa. Estos depósitos están en parte cubiertos por coluviales, o cubren grandes planicies formando extensas terrazas como es el caso de los depósitos del río Upano. El aporte es principalmente metamórfico, es decir, la mayoría de los fragmentos son de esquistos y cuarcitas, en menor cantidad se presentan clastos volcánicos e intrusivos. (GADP de General Proaño, 2014).

Coluviales: Están constituidos por bloques de rocas ígneas y metamórficas, angulosos a subangulosos, de diversos tamaños en una matriz limo – arenosa con poca arcilla.

Son depósitos producto de los procesos erosivos que afectan a los macizos rocosos, tales como deslizamientos y caída de bloques, transportados por acción de la gravedad y depositados en zonas de poca pendiente, por lo que su textura es caótica y heterogénea. (GADP de General Proaño, 2014).



*Figura 3. Mapa geológico regional del área de estudio.
Fuente: Mapa geológico del Ecuador, 2017
Elaborado por: V. Chica, 2018.*

2.2 Topografía

La topografía permite determinar las características del relieve y utilizarlas para realizar proyecciones en planos y mapas, que servirán como base para planear construcciones y/o ampliaciones de obras civiles.

Levantamiento topográfico: es un conjunto de operaciones y medios puestos en práctica para determinar las posiciones de puntos del terreno y su representación en un plano. (García, 1981)

El mapa topográfico que se genera sirve de base para la proyección del mapa geológico.

Instrumentos topográficos: existen varios tipos entre los cuales están una serie de equipos y herramientas menores para ayudar en las mediciones tales como cintas métricas, prismas, brújulas, jalones, miras verticales y planímetro. (Abreu, 2011)

Gracias a los avances tecnológicos actualmente se cuenta con instrumentos electrónicos catalogados como especiales entre los cuales podemos nombrar los teodolitos electrónicos, la estación total, la estación robótica, etc.

2.3 Geotecnia

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2014), el estudio geotécnico comprende actividades como el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en

contacto con el suelo, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de las estructuras (superestructura y subestructura) para edificaciones, puentes, torres, silos y demás obras, que preserve la vida humana, así como también evite la afectación o daño a construcciones vecinas.

El resultado de un estudio geotécnico nos permite determinar la naturaleza y propiedades del terreno, utilizando ensayos de campo y laboratorio, necesarios para la correcta ejecución de un proyecto de construcción de obras civiles.

2.3.1 Descripción y clasificación de suelos

2.3.1.1 Origen y formación

Los suelos se forman como consecuencia de la desintegración de macizos rocosos preexistentes o roca madre, a causa de procesos de meteorización in situ a través de procesos físicos, químicos y biológicos, así como de factores medioambientales.

Procesos físicos: debido a la meteorización por agentes como la temperatura, acción del viento, congelación de agua en las juntas.

Procesos químicos: debido a la acción del agua que al entrar en contacto con los minerales del suelo produce distintas reacciones como lixiviación, oxidación y/o carbonatación, que van modificando la composición del suelo.

Procesos biológicos: por la acción de animales y microorganismos, así como por procesos de putrefacción.

Todos estos procesos producen dos tipos de suelos que normalmente se conocen como: suelos residuales cuando permanecen donde se forman y cubren la superficie de la que se derivan, y suelos transportados cuando son transportados por medios de procesos físicos a otros lugares y depositados. (Das, 2001)

Una vez depositados los suelos pueden sufrir fenómenos diversos, como: presiones, con lo que mejora la resistencia, disminuyendo la permeabilidad y compresibilidad; Variaciones del nivel freático; Cambios en el entorno, como puede ser la naturaleza del agua intersticial, la temperatura, nivel de tensiones, etc.; Acciones sísmicas o tectónicas, etc. (González & Rodríguez, 2007)

2.3.1.2 Identificación de suelos

Para estudiar un material tan complejo como el suelo, con distinto tamaño de partículas y composición química, es necesario seguir una metodología con definiciones y sistemas de evaluación de las propiedades de forma que se constituya un lenguaje fácilmente comprensible para los técnicos. (Rivera, 2005)

Distribución granulométrica

La distribución granulométrica es la determinación del rango del tamaño de partículas presentes en un suelo, expresado como un porcentaje del peso seco total. Se usan generalmente dos métodos para encontrar la distribución del tamaño de las partículas del suelo: 1) análisis con cribado para tamaños mayores a 0.075mm de diámetro, y 2) análisis hidrométrico (vía húmeda), para tamaños de partículas menores de 0.075mm de diámetro. (Das, 2001)

Para conocer la granulometría se suelen utilizar estos dos métodos:

Análisis por cribado (vía seca, tamices)

Análisis hidrométrico (vía húmeda)

Para el ensayo por vía seca con tamices, se coloca la muestra en una columna de tamices de distintos diámetros dispuestos en orden de mayor a menor diámetro, para luego ser sometidos a vibración y separar los materiales.

Tabla 3-2. Tamices y aberturas de tamices para el ensayo según la norma ASTM D 422

TAMIZ	ABERTURA (mm)
1/2"	12,5
3/8"	9,5
1/4"	6,3
N° 4	4,7
N° 8	2,3
N° 10	2,0
N° 20	0,85
N° 30	0,60
N° 40	0,43
N° 60	0,25
N° 80	0,18
N° 100	0,15
N° 200	0,07

Fuente: Archivo Laboratorio HCPMS.

Elaborado: V. Chica, 2018.

Clasificación de suelos: se realiza según los sistemas:

SUCS (Sistema Unificado de clasificación de suelos)

AASHTO (American Association of State Highway Officials).

Ambos sistemas buscan determinar la granulometría de los suelos, así como los límites de Atterberg de la porción de suelo más fina.

La clasificación AASHTO es utilizada para determinar la calidad de suelo en vías y

Carreteras, busca la idoneidad de un suelo para ser usado como base o sub-base para pavimento, apoyándose en la medición numérica de la calidad del suelo a través de la determinación del índice de grupo (IG).

La clasificación SUCS es utilizada para determinar la calidad de suelos para cimentaciones, divide el material en suelos de grano: grueso, fino y orgánico.

Dividiendo los suelos grueso y fino por el paso de material por la malla 200.

Tabla 4-2. Nomenclatura clasificación según AASHTO

% finos	Denominación
Suelos con 35% o menos de finos:	A - 1 => Gravas y Arenas
	A - 2 => Gravas limosas o arcillosas Arenas limosas o arcillosas
	A - 3 => Arenas finas
Suelos con más de 35% de finos:	A - 4 => Suelos limosos
	A - 5 => Suelos limosos
	A - 6 => Suelos arcillosos
	A - 7 => Suelos arcillosos

Elaborado por: V. Chica, 2018

Tabla 5-2. Nomenclatura y clasificación según SUCS

GW	GRAVAS	Limpias	Bien graduadas
GP	>50% en tamiz	Finos <5%	Pobrememente graduadas
GM	#4 ASTM	Con finos	Componente limoso
GC		Finos >12%	Componente arcilloso
SW	ARENAS	Limpias	Bien graduadas
SP	<50% en tamiz	Finos <5%	Pobrememente graduadas
SM	#4 ASTM	Con finos	Componente limoso
SC		Finos >12%	Componente arcilloso
ML	LIMOS		Baja plasticidad LL<50
MH			Alta plasticidad LL>50
CL	ARCILLAS		Baja plasticidad LL<50
CH			Alta plasticidad LL>50
OL	SUELOS		Baja plasticidad LL<50
OH	ORGANICOS		Alta plasticidad LL>50
Pt	TURBA		Suelos altamente orgánicos

Elaborado por: V. Chica, 2018.

Tabla 6-2: Diferencias de tamaños de partículas

Sistema	AASHTO	SUCS
Grava	75 a 2 mm	75 a 4.75 mm
Arena	2 a 0.05 mm	4.75 a 0.075 mm
Limo	0,05 a 0,002 mm	< 0,075 mm

Arcilla	<0,002 mm	(finos)
---------	-----------	---------

Fuente: <https://es.slideshare.net/OverallhealthEnSalud/mecanica-desuelosimoduloi>
Elaborado por: V. Chica, 2018.

2.3.1.3 Consistencia del suelo

Límites de Atterberg: se realizan en el laboratorio y se utilizan para establecer la cohesión y el contenido de agua de suelos finos, puesto que la consistencia de algunos suelos se puede ver alterada en función del contenido de humedad, pudiendo encontrarse en estado líquido, plástico, semisólido, sólido. Los anteriores estados son fases generales por las que pasa el suelo al irse secando y no existen criterios estrictos para distinguir sus fronteras. El establecimiento de estas ha de hacerse en forma puramente convencional. Atterberg estableció las primeras convenciones para ello, bajo el nombre general de límites de consistencia. (Badillo & Rodríguez, 1996)

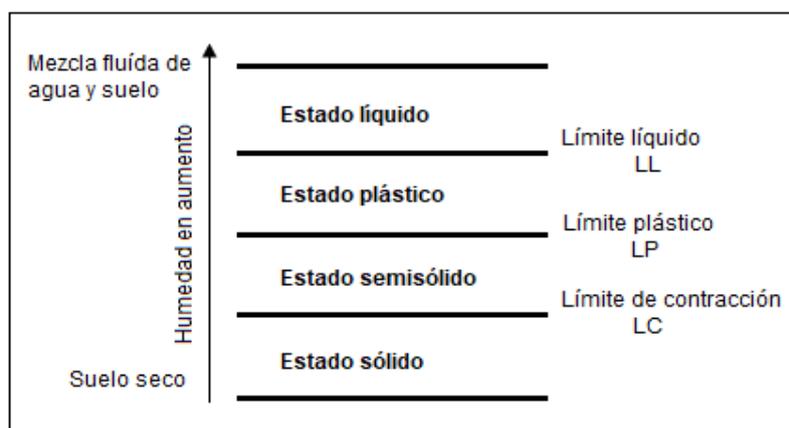


Figura 4: Límites de Atterberg
Elaborado por: V. Chica, 2018.

Las humedades correspondientes a los puntos de transición entre cada uno de estos estados definen los límites Líquido (LL), plástico (LP) y de retracción o contracción (LC). (Bañón & Bevía, 2007)

Límite líquido (LL)

Para determinar el límite líquido se realiza el ensayo de la Cuchara de casa grande, el mismo que consiste en colocar una muestra húmeda de entre 50 y 70g en la cápsula, luego, nivelar la superficie a una altura de 1cm con una espátula evitando dejar burbujas de aire, luego la muestras se divide en dos con el acanalador y se empieza a contar el número de golpes necesario para cerrar la ranura de 12mm. El procedimiento estándar es efectuar por lo menos dos determinaciones para dos contenidos de humedad diferentes, se anota el número de golpes y su contenido de humedad. Se debe conseguir que la ranura cierre con máximo 25 golpes.

Por definición, el límite líquido LL es la humedad (expresada en %) para la cual se necesitan 25 golpes en el ensayo antes descrito. (González & Rodríguez, 2007)

Límite plástico (LP)

Para determinar el límite plástico se toma una muestra de suelo y se forma cilindros sobre una placa de vidrio, progresivamente hasta unos 3 mm de diámetro a medida que se efectúa la operación. El límite plástico LP es la humedad (expresada en %) del cilindro que se rompe, sin agrietarse, en pequeños trozos de 1 a 2 cm de longitud cuando su diámetro llega a tener 3 mm.

El índice de plasticidad IP es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. Expresa el campo de variación en que un suelo se comporta como plástico.

Viene definido por la relación:

$$IP = LL - LP$$

El límite de retracción LC se define como el porcentaje de humedad con el que se satura la muestra cuyo volumen ya no se reduce más por desecación,

Obtención de muestras de suelos:

Para poder conocer más a detalle la litología de un terreno se realizan calicatas o en su defecto cuando la excavación no permite una observación satisfactoria se realizan ensayos más especializados como el Ensayo de penetración estándar.

Ensayos SPT (Standard Penetration Test) o Ensayo de penetración Estándar: Se realiza para conocer la resistencia del suelo a la penetración dinámica de un muestreador tubular partido que recupera muestras alteradas para su posterior análisis. Consiste en hincar un muestreador en el suelo 45 centímetros, dejando caer una maza de 63,5 kilogramos sobre una cabeza de impacto o yunque desde una altura de 76 centímetros, contando el número (N) de golpes necesario para tres segmentos de 15 centímetros, la resistencia a la penetración es el número de golpes de los últimos 30 centímetros, los primeros 15 centímetros no se consideran para evitar la zona de alteración que suele producirse por la perforación. (NTE INEN-ISO 22476-3: 2014 - Investigación y ensayos geotécnicos - Ensayos de campo. parte 3 - Ensayo de penetración estándar (ISO 22476-3:2005, IDT))



Figura 5: Esquematación general del mecanismo del Ensayo SPT
Elaborado por: V. Chica, 2018.

En el presente estudio, se contó con la cooperación del Laboratorio de Suelos e Ingeniería SOLING. Las muestras obtenidas por medio de este ensayo se emplearon para análisis de laboratorio: granulometría, límites de consistencia, contenido de humedad, con los análisis SPT se obtuvo el valor del número (N) de golpes para la capacidad de carga del suelo.

Determinación de capacidad de carga admisible del suelo.

Para este estudio se ha determinado la capacidad de carga admisible aplicando las ecuaciones de Meyerhof y Teng en función del SPT.

Fórmula de Meyerhof

$$q_{adm} = \frac{Nkd}{0.8} \quad \text{si } B < 1.2 \text{ m}$$

$$q_{adm} = Nkd / 1.2 * ((B + 0.305) / B)^2 \quad \text{si } B \geq 1.2 \text{ m}$$

Donde:

q_{adm} = presión admisible neta del suelo (T/m²)

N = número de golpes en el ensayo SPT.

$$kd = 1 + 0.2 Df / B \leq 1.2$$

B = ancho de la zapata (m)

Df = profundidad de desplante (m)

Teng propone una fórmula empírica, que es la modificación de la propuesta de Terzaghi – Peck.

$$q_{adm} = 3.52 (N-3) * (B + 0.305)^2 / (2 * B)^2$$

Donde:

q_{adm} = presión admisible del suelo

N = número de golpes del SPT.

B = ancho de la zapata

Según lo establecido por Aleksander Vesic, 1973, en su “*Análisis de la capacidad de carga en cimentaciones superficiales*”, se utiliza un factor de seguridad de 3 en el cálculo de la capacidad de carga en cimentaciones superficiales cuando la exploración del terreno es limitada o no han existido estudios previos, como es el caso del Subcentro de Salud de Sevilla Don Bosco.

2.4 Geología de campo

Levantamiento geológico: es la recopilación de las características geológicas de una región que luego serán representadas en un mapa a una determinada escala.

Mapa Geológico: es la proyección sobre un plano de las extensiones y relaciones geológicas diversas de distintos materiales, que han sido previamente observados en el campo mediante reconocimiento y prospección y estudios distintos.

2.5 Sismicidad

El área de Sevilla Don Bosco, vecina a Macas se ve afectada por la alta actividad sísmica de la Cordillera del Cutucú, al encontrarse ahí la Falla Upano – Santiago, de acuerdo con Legrand. (Denis Legrand, 2004).

CAPÍTULO III: DISEÑO Y EXPERIMENTACIÓN

3.1 Metodología

Para el desarrollo de esta investigación la metodología aplicada está subdividida en 4 etapas, ejecutándose de la siguiente manera:

3.1.1 Documentación y recopilación de información

Para realizar el levantamiento geológico del centro poblado Sevilla Don Bosco, se recolectó información de mapas geológicos regionales de varios autores, información bibliográfica de geología, geotecnia, así como los archivos facilitados por el Departamento de Gestión de Riesgos del Ministerio de Salud de la Provincia de Morona Santiago y por el Departamento de planificación del GADM del Cantón Morona.

3.1.1.1 Geomorfología

Según Baldock, el Oriente del Ecuador comprende una cuenca terciaria de sedimentos que yacen horizontalmente con mesas y terrazas disectadas.

Según el PDOT del GADPR de Sevilla Don Bosco, 2014, el relieve de la parroquia Sevilla Don Bosco se caracteriza por la presencia de llanuras, penillanuras y piedemontes, observando dentro la clasificación de llanuras terrazas y abanicos aluviales.

3.1.1.2 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico de la zona del Subcentro de Salud Sevilla Don Bosco, tiene por objeto definir las características morfológicas del área a escala 1:250.

El levantamiento topográfico del área del Subcentro de Salud Sevilla Don Bosco se realizó con una estación total SOKKIA CX-105 y prismas, utilizando la red vial dentro de la zona, mediante la ubicación de estaciones de lectura para conseguir la mayor precisión en el levantamiento del área; la misma se encuentra entre los 973 y 980 msnm, y forma una superficie plana con una leve inclinación hacia el oeste. (Anexo 40)

3.1.2 Trabajo de campo

Seguido se procede a la recolección de datos en el campo, que permiten realizar el registro fotográfico, reconocimiento visual in situ y muestreo de las litologías presentes en el sector para su posterior análisis, que permitirá la realización de un mapa geológico de la zona de estudio.

3.1.2.1 Geología local:

Durante el trabajo de campo se realiza el levantamiento geológico mediante el uso fichas geológicas de los puntos más representativos de la zona de estudio. (Ver Anexos 1 al 8)

FICHA GEOLÓGICA DE CAMPO			
UBICACIÓN		FECHA: 2017/11/16	
PROVINCIA:	Morona Santiago	Punto	1 MD1
CANTÓN:	Morona	COORDENADAS	
PARROQUIA:	Sevilla Don Bosco	X	Y
ÁREA:	Centro Poblado Sevilla Don Bosco	823130 E	9743717 N
		Altura:	989msnm
		<p>Afloramiento de material coluvial junto a la quebrada M se aprecia una potencia de 1,5 m de alto desde el nivel de la quebrada M.</p> <p>La zona contiene fragmentos de andesita, posiblemente de la formación Misahuallí, con diámetros de entre 1 a 20 cm., dentro de una matriz arcillosa fina de color café, con humedad baja.</p>	
Elaborado por: V. Chica, 2018.			

La superficie del territorio del Centro Poblado Sevilla Don Bosco, se halla recubierta por una capa de ceniza volcánica de hasta 2 metros de potencia, que se presenta como una masa pulverulenta de color marrón a café rojizo, de densidad baja, subyacente a estas cenizas, se observa la presencia de un conjunto sedimentario de origen fluvio - volcánico (Lahar) que se emplaza paralelo al eje de flujo del río Upano y que proviene del arrastre de los productos volcánicos del Sangay, estas rocas son observadas en el talud vertical de la Ermita donde presentan una potencia de aproximadamente 70 metros. (Ver Anexo 42)

3.1.2.2 Geotecnia

3.1.2.2.1 Realización de calicatas

Para la recolección de las muestras que se destinarán a los ensayos de laboratorio se procede a la toma de muestras mediante la realización de calicatas en 6 diferentes puntos del área de estudio; el tamaño de las calicatas fue variado como se indica en la tabla 7-3. De cada calicata se toma 5 kilogramos de muestra en tamaño inferior al tamiz 200 para sobre este material realizar las pruebas de: granulometría, límites líquido y plástico, humedad natural y gravedad específica, que se reportan en la tabla 14 – 3.



*Figura 7: Mapa de ubicación de las calicatas
Elaborado por: V. Chica, 2018.*

Tabla 7- 3: Coordenadas y profundidad de las calicatas

Muestra	Coordenadas		Ancho	Largo	Profundidad
	X	Y			
M1C	822	9743	1 m	1 m	2 m
1	691	631			
M2C	822	9743	1 m	1 m	1,5 m
2	680	299			
M3C	822	9743	1 m	1 m	1,5 m
3	303	369			
M4C	821	9743	1 m	1 m	2 m
4	875	415			
M5C	821	9743	1 m	1 m	1,5 m
5	894	746			
M6C	821	9743	1 m	1 m	1,5 m
6	941	965			

Elaborado por: V. Chica, 2018.



*Figura 6: Realización de calicatas y toma de muestras.
Elaborado por: V. Chica, 2018.*

3.1.3 Ensayos de laboratorio

Para realizar los ensayos se recogen muestras representativas en el campo para su posterior análisis de laboratorio. (Ver Anexo 12 y 13)

Los análisis de suelo se realizan en los laboratorios del Honorable Consejo Provincial de Morona Santiago y los ensayos de SPT en cooperación con el laboratorio de Suelos e Ingeniería SOLING.

Las muestras tomadas en el campo se sometieron a los siguientes ensayos:

- | | |
|-----------------------------------|--------------|
| a. Humedad natural | ASTM D-2216 |
| b. Ensayos granulométricos (SUCS) | ASTM D- 2487 |
| c. Límites de Atterberg | ASTM D-4318 |
| d. Gravedad específica | |
| e. SPT | ASTM D-1586 |

a) Humedad natural

Proceso:

1. Seleccionar una cápsula de secado y pesarla. (Peso Tarro)
2. Colocar la muestra seleccionada en la cápsula de secado y pesarla. (Peso húmedo)
3. Colocar la cápsula de secado con la muestra en el horno por 24 horas a una temperatura constante de 110°C.

4. Sacar la muestra seca del horno y dejar reposar a temperatura ambiente hasta que enfríe.
5. Pesar la muestra. (Peso seco)

Luego de obtener los valores de los pesos, se realiza el cálculo del % de humedad aplicando la siguiente fórmula:

$$\%humedad = \frac{Ph - Ps}{Ps - Pt}$$

Donde:

Ph: Peso húmedo

Ps: Peso seco

Pt: Peso Tarro



Figura 8: Pesaje de muestras para el ensayo de humedad natural del (ASTM D2216).
Elaborado por: V. Chica, 2018.

b) Ensayo granulométrico (ASTM D422)

El análisis granulométrico permite conocer la distribución de partículas de un suelo en porcentajes. Este análisis se realiza por el método de tamizaje o cribado.

Proceso:

1. Homogenizar la muestra y secar al ambiente.
2. Tomar una cantidad de muestra representativa y pesarla
3. Pasar la muestra por el tamiz #200.
4. Lo que queda de la muestra se lava utilizando el tamiz #200 hasta que el agua de lavado sea clara.
5. La cantidad de muestra retenida se seca en el horno por 24 horas a una temperatura de 110°C.
6. Una vez que la muestra está seca y fría, se pasa por los tamices de #200, #40, #10 y #4.
7. Pesarse el % retenido en cada tamiz.



*Figura 9: Muestras preparadas para los ensayos granulométricos.
Elaborado por: V. Chica, 2018.*



*Figura 10: Ensamble y tamizaje de las muestras.
Elaborado por: V. Chica, 2018.*

c) Ensayo de límites líquido y plástico (ASTM D 4318)

Para este análisis se toma una muestra de mínimo 100 g que pase por el tamiz #40.

Límite líquido

Proceso

1. Tomar 100 g de muestra, colocar en una cápsula de porcelana, agregar agua de 15 a 30 ml aproximadamente y mezclar con una espátula, hasta obtener una pasta homogénea, hacer incrementos de agua según como se necesite.
2. Colocar la pasta en la cuchara de casa grande y hacer un corte al medio con el ranurador.
3. Accionar la cuchara a una razón de 2 golpes por segundo, contando el número de golpes hasta que el corte al medio se cierre a los 12.5 mm.
4. Si el corte no se cierra, volver a incrementar agua y homogenizar la muestra.

5. Contabilizar los golpes necesarios, y tomar una muestra de la pasta de lado y lado de la ranura para obtener el contenido de agua, ésta pasta se debe colocar en un tarro.
6. Repetir el proceso con diferentes contenidos de humedad.
7. Pesar cada tarro (Ph) y colocarlos en el horno por 24 horas.
8. Pesar las muestras secas. (Ps)
9. Calcular los % de humedad con los valores obtenidos.



Figura 11: a: Preparación de la muestra para el ensayo de LL; b: ensayo de la muestra en la cuchara de casa grande; c: ensayo de plasticidad.

Elaborado por: V. Chica, 2018

Límite plástico

Con el material sobrante del ensayo de límite líquido se procede a realizar el ensayo de límite plástico

Proceso:

1. Tomar la muestra y eliminar la humedad sobrante, esparciendo la muestra sobre una placa de vidrio con ayuda de una espátula.
2. Tomar una bolita de muestra de 1 cm^3 aproximadamente y amasarla con la palma de la mano hasta formar cilindros de 3 mm de diámetro.
3. Si el cilindro no se deshace antes de llegar a los 3 mm de diámetro, se vuelve a juntar la muestra y repetir el proceso anterior hasta que el cilindro se desmorone.
4. Si el suelo no se puede amasar se considera como suelo no plástico.
5. Recoger todos los pedazos de suelo y colocarlos en un recipiente, pesar la muestra y colocar en el horno por 24 horas. Pesar la muestra una vez seca.
6. Repetir el proceso con otra porción de muestra y hacer los cálculos respectivos con estos valores. Este proceso se repite con otra porción de masa y con los valores obtenidos se realizan los cálculos respectivos.

El índice de plasticidad (IP) se calcula con la diferencia entre el límite líquido LL y el límite plástico LP de un suelo.

$$IP = LL - LP$$

d) Gravedad específica

Cálculo de gravedad específica y porcentaje de absorción del suelo.

Proceso:

1. Tomar 1500 g de muestra aproximadamente, colocarla en un recipiente y saturar la muestra con agua por un lapso de 24 horas.
2. Secar la muestra al ambiente.
3. Pasar la muestra seca por el tamiz #3/8.
4. Tomar 200 g de la muestra que pasa el tamiz #3/8 para el ensayo.
5. Pesar el picnómetro con el agua.
6. Colocar la muestra dentro del picnómetro y eliminar los espacios vacíos y burbujas de aire.
7. Pesar el picnómetro con el agua y la muestra.

Los cálculos se realizan con la siguiente fórmula:

$$GE \text{ de la masa} = \frac{A}{B - C}$$

$$GE \text{ s. s. s} = \frac{A}{B - C}$$

$$GE \text{ aparente} = \frac{A}{B - C}$$

$$\% \text{ de absorción} = \frac{A}{B - C}$$

Donde:

GE = Gravedad Específica

A = peso en el aire de la muestra.

B = volumen de la probeta.

C = peso en gramos de agua añadida.



Figura 12: Ensayo de picnómetro
Elaborado por: V. Chica, 2018.

e) Ensayo SPT

El equipo para el ensayo pertenece a los laboratorios e ingeniería Soling, fue ensamblado en el área del Subcentro de Salud de Sevilla Don Bosco para posteriormente realizar 2 perforaciones a percusión de 5 m de profundidad, a una distancia de 12 m entre perforaciones, recuperando muestras para identificar los diferentes estratos de suelo, su composición y determinar el perfil estratigráfico del terreno en estudio.



Figura 13: Puntos de ubicación de los ensayos SPT
Elaborado por: V. Chica, 2018.

Paralelamente al avance de las perforaciones y en cada metro de profundidad, se realizaron ensayos de penetración estándar (SPT Norma ASTM D 1586), que consiste en hincar el penetrómetro estándar 45 centímetros empleando una masa de 63,5 kilogramos que se lo deja caer en caída libre desde una altura de 76 centímetros contando el número de golpes para tres segmentos de 15 centímetros.

Se define la resistencia a la penetración como el número de golpes en los últimos 30 centímetros, la intención de no considerar los primeros 15 centímetros es evitar la zona

de alteración que se produce por la perforación; adicionalmente se tomaron muestras representativas de los suelos encontrados para realizar ensayos de laboratorio que nos permitan su identificación y clasificación SUCS según norma ASTM D-2487. (Soling, Laboratorio de suelos e ingeniería, 2017; Sísmica de suelos SDS, s.f.)



Figura 14: a. Ensamblaje del equipo SPT; b. Recuperación de muestra de suelo; c. Embalaje, etiquetado de la muestra recuperada.
Elaborado por: V. Chica, 2018.

3.1.4 Sísmica local

El riesgo sísmico es el resultado de combinar el peligro sísmico, la vulnerabilidad y la posibilidad de que se produzcan en ella daños por movimientos sísmicos.

La evaluación del riesgo sísmico es necesaria para reducir los efectos que pueden ocasionar los movimientos telúricos.

La vulnerabilidad de las edificaciones se debe a varios factores como: la ubicación en zonas de alta peligrosidad sísmica, no existe la exigencia de parte del departamento pertinente del gobierno seccional para aplicación de normas de construcción tanto en la zona urbana como en la zona rural.

En la actualidad, son muchas las metodologías desarrolladas a nivel mundial para llevar a cabo estudios de evaluación de la vulnerabilidad sísmica en distintas regiones (Dolce et al., 1994; Goldsack, 1976; Esteva – Villaverde, 1973; Erdik et al., 2003, 2004).

- Los registros instrumentales para Macas, zona más próxima al centro poblado Sevilla Don Bosco, define una magnitud local de 7.

Identificación de zonas sismogénicas:

El primer paso para definir el peligro sísmico de un lugar es identificar todas las fuentes de actividad sísmica que lo afectan y evaluar su potencial de generación de

terremotos. Esta identificación se puede obtener a partir de evidencias geológicas y datos de sismicidad tanto histórica como instrumental.

La provincia de Morona Santiago en el catálogo sísmico nacional cuenta con dos sismos de magnitud 7 o superior en la escala Richter y los cuales tienen su epicentro en la cordillera del Cutucú, asociados al nido sísmico del mismo nombre.

El sismo de mayor afectación ocurrido en el cantón Morona fue el 3 de octubre de 1995, catalogado como terremoto de magnitud 7, a una profundidad de 23,6 km, según (Legrand, et al., - 2004), que produjo grietas y deslizamientos de tierra.

Se realiza la estimación de la peligrosidad sísmica, utilizando las leyes de atenuación de Goldsack y Esteva - Villaverde para el centro poblado de Sevilla Don Bosco; a pesar de las limitaciones que sobre el tema se observan en la zona y que existen muy pocos datos tanto históricos como instrumentales disponibles de la Región Amazónica del Ecuador.

Goldsack (1976):

$$a = \frac{4290e^{0.8M}}{[(R^2+20^2)^{0.5}+25]^2}$$

Esteva y Villaverde (1973):

$$a = \frac{5600e^{0.8M}}{(R+40)^2}$$

Donde:

a: Aceleración horizontal máxima.

M: Magnitud probable

R: Distancia focal efectiva, se obtiene de: $R = \sqrt{X^2 + H^2 + r^2}$

Donde:

X es la distancia epicentral

H es la profundidad focal

r es una constante que en este caso es igual a 20.

$$R = \sqrt{61^2 + 10^2 + 20^2}$$

$$R = 64,97$$

Datos sísmicos:

Distancia al epicentro: 61 kilómetros

Profundidad focal: 10 kilómetros

Magnitud probable: 7

Esteva y Villaverde

$$a = \frac{5600e^{0.8M}}{(R+40)^2}$$

$$a = \frac{5600e^{0.8(7)}}{((64.97)+40)^2}$$

$$a = 0.137^*g$$

Goldsack

$$a = \frac{4290e^{0.8M}}{[(R^2+20^2)^{0.5}+25]^2}$$

$$a = \frac{4290e^{0.8(7)}}{[(64.97^2+20^2)^{0.5}+25]^2}$$

$$a = 0.134^*g$$

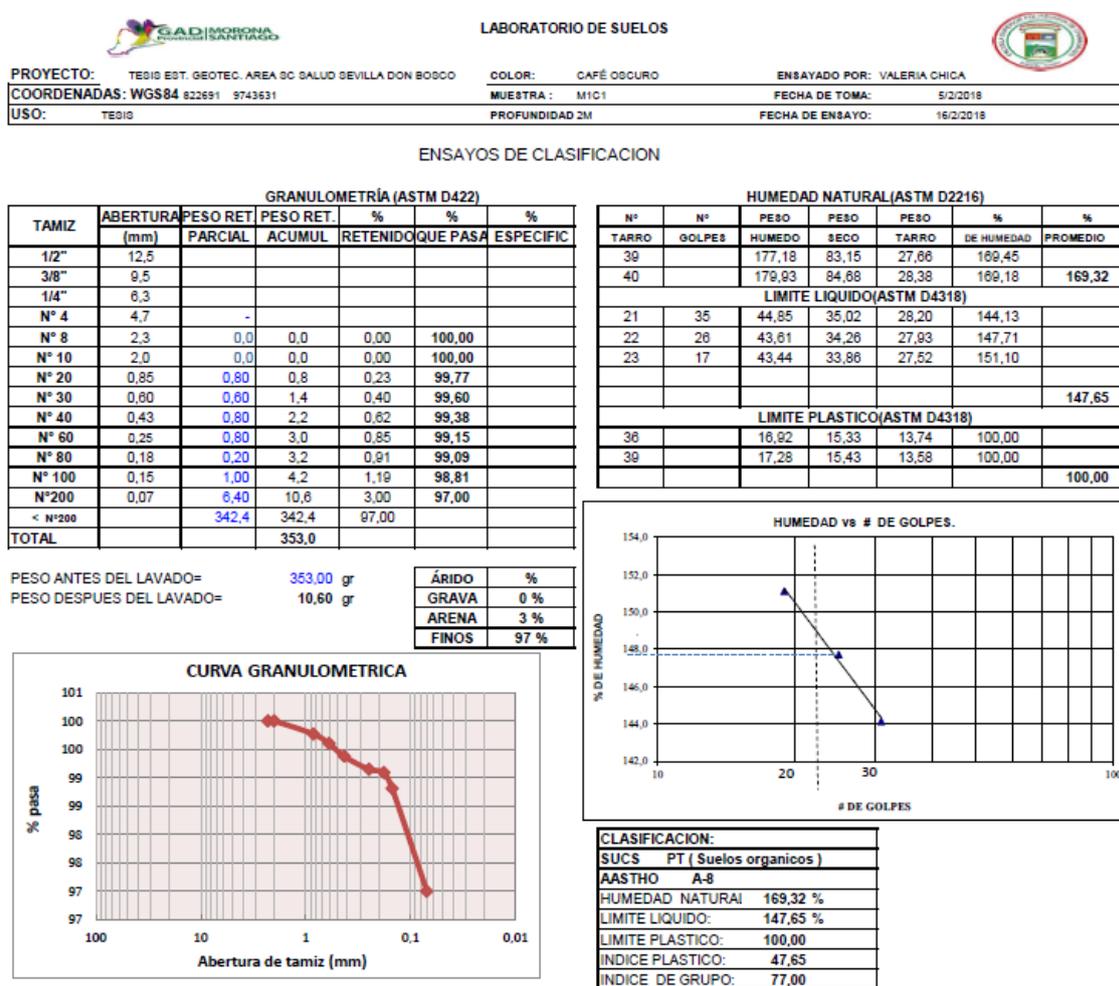
CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Resultados de los ensayos de laboratorio de las propiedades físicas de los suelos.

Los ensayos se realizan empleando el sistema de clasificación SUCS, a continuación, se muestra un cuadro que describe uno de los ensayos realizados en el laboratorio de una muestra recolectada en una de las calicatas.

Se realizaron seis calicatas y dos sondeos con el equipo SPT, los cuadros con los resultados de todas las muestras ensayadas se encuentran colocados en la parte de anexos. (Ver anexos del 16 al 21: Granulometría, humedad, límites de Atterberg y clasificación de suelo; Anexos del 22 al 27: Gravedad específica)

Tabla 8-4: Análisis de laboratorio muestra M1C1



Elaborado por: V. Chica, 2018.

Resultados de tipo de suelos de muestras de calicatas.

Tabla 9-4: Resultados de tipos de suelos de muestras de calicatas.

Muestra	Clasif. SUCS	Humedad Natural	LL	LP	Índice plástico	Índice de grupo
M1C1	PT	169,32	147,65	100,00	47,65	77,00

M2C2	PT	156,14	143,57	95,12	48,46	75,00
M3C3	PT	161,96	127,77	95,69	32,08	53,00
M4C4	ML	37,76	44,06	34,64	9,42	-3,00
M5C5	ML	44,25	47,31	37,73	9,57	-2,00
M6C6	ML	35,13	47,86	34,97	12,89	2,00

Elaborado por: V. Chica, 2018.

Los análisis de clasificación de suelo dieron como resultado 2 tipos: Tipo PT que corresponde a suelos orgánicos cuya humedad natural, límite líquido y plástico obtenidos es mayor en comparación al segundo suelo de Tipo ML que corresponde a suelos limo arcillosos.

Las muestras descritas anteriormente también se emplearon para realizar ensayos de gravedad específica, % de absorción. En base a los resultados se comprueba que a menor gravedad específica mayor es el porcentaje de absorción, en consecuencia, la plasticidad aumentará. (Tabla 10-4).

Resultados de ensayos de laboratorio: Gravedad específica de la masa y porcentaje de absorción.

Tabla 10-4: *Resultados de ensayos de laboratorio: Gravedad específica de la masa y porcentaje de absorción.*

Nº muestra	Gravedad específica de la masa	Gravedad específica subsaturada seca	Gravedad específica aparente	% de absorción
M1C1	1,530	1,894	2,405	23,76
M2C2	1,596	1,923	2,371	20,48
M3C3	1,538	1,929	2,500	25,00
M4C4	2,064	2,273	2,609	10,13
M5C5	2,017	2,183	2,419	8,23
M6C6	2,140	2,336	2,663	9,17

Elaborado por: V. Chica, 2018.

La gravedad específica de la masa del suelo Tipo PT es menor a la del suelo Tipo ML, y el % de absorción es mucho mayor para el suelo Tipo PT en comparación con el suelo Tipo ML.

4.2 Análisis e interpretación de la estratigrafía

Se realiza la construcción estratigráfica a partir de las observaciones de campo y resultados de laboratorio obtenidos de las calicatas; como se describe a continuación:

Tabla 11-4: *Descripción estratigráfica.*

Unidad estratigráfica	Edad	Litología
Coluvial 1	Pleistoceno Superior	Limos y arcillas productos de la erosión de ceniza volcánica y lahares, que son depositados por los ríos del sector.
Coluvial 2	Pleistoceno	Bloques redondeados de andesita principalmente

		que han sido arrastrados por el río Upano y depositados en la margen izquierda durante su evolución hasta la situación actual.
Ceniza volcánica	Pleistoceno	Mezcla de lapilli y ceniza en diversas proporciones, material esponjoso y de baja densidad.
Formación Mera	Pleistoceno	Lahares de las erupciones del Sangay, composición andesitas.

Elaborado por: V. Chica, 2018.

4.3 Resultados de los ensayos SPT

Los suelos que a continuación se detallan en los sondeos, fueron clasificados de acuerdo con el SUCS:

Sondeo 1

En los dos primeros metros de profundidad del sondeo se detecta material limo inorgánico de clasificación SUCS tipo MH con alto nivel de humedad, de mediana plasticidad; desde el tercero hasta el cuarto metro de profundidad encontramos material de arenas limosas mal graduadas de color café oscuro, con humedad alta, de clasificación SUCS tipo SM de mediana plasticidad; en el quinto metro se determinó limos inorgánicos de clasificación SUCS tipo MH con alto nivel de humedad, de mediana a alta plasticidad; todos estos estratos se encuentran en estado compacto. Se determinó nivel freático a los 3,50 metros de profundidad.

Sondeo 2

Los dos primeros metros de profundidad del sondeo se tiene la presencia de limos inorgánicos de clasificación SUCS tipo MH con alto nivel de humedad, de mediana a alta plasticidad; en el tercer metro encontramos limo inorgánico de clasificación SUCS tipo ML de mediana plasticidad y con humedad alta; en el cuarto metro encontramos material de arenas limosas mal graduadas de color café oscuro, con humedad alta, de clasificación SUCS tipo SM de mediana plasticidad; y finalmente en el quinto metro se determinó limos inorgánicos de clasificación SUCS tipo ML, con alto nivel de humedad, de mediana a alta plasticidad; todos estos estratos se encuentran en estado compacto. Hasta la profundidad explorada no se encontró nivel freático.

Perfil estratigráfico y clasificación de suelos

La descripción de los estratos encontrados en los sondeos se representa en la Figura 15, la clasificación de suelos se realiza con el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). Para ello se emplea el software de elaboración de columnas estratigráficas llamado Strater.

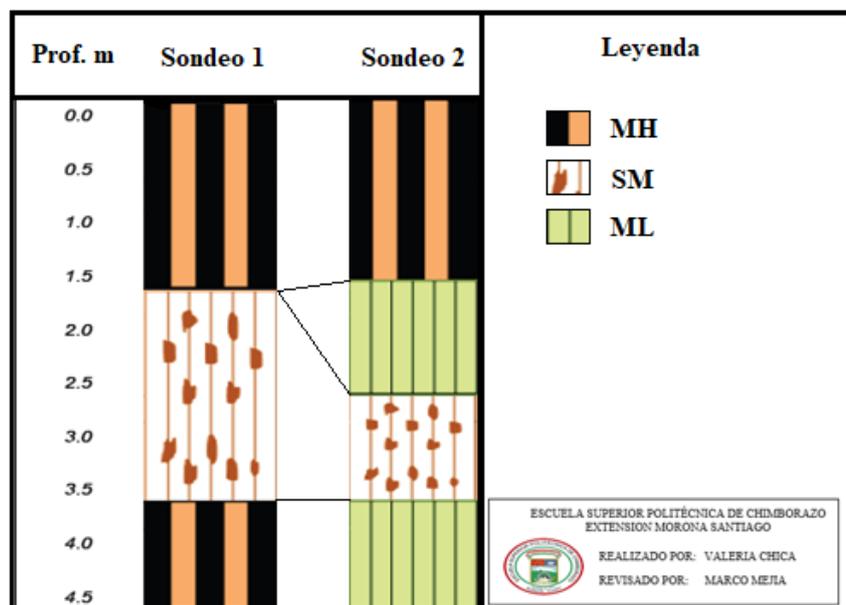


Figura 15: Columna estratigráfica de los sondeos SPT. Correlación estratigráfica.
Elaborado por: V. Chica, 2018.

Tabla 12-4: Determinación tipo de suelo Normas NEC

Profundidad(m)		Pozo 1		Pozo 2	
Desde	Hasta	SUCS	NEC	SUCS	NEC
0.00	1.00	MH	E	MH	E
1.00	2.00	MH	E	MH	E
2.00	3.00	SM	E	ML	D
3.00	4.00	SM	E	SM	C
4.00	4.50	MH	C	ML	C

Elaborado por: V. Chica, 2018.

Del resultado del ensayo se observa que de acuerdo con la clasificación SUCS en el área de estudio:

El pozo 1 y 2 en los primeros 2.00 m son Limos de alta plasticidad con Límite Líquido $< a 50$.

El pozo 1 desde los 2.00 a 4.00 m cambia a una Arena limosa, desde los 4.00 a 4.50 m nuevamente aparecen Limos de alta plasticidad con Límite Líquido $< a 50$. El pozo 2 desde los 2.00 a 3.00 m cambia a un Limo de baja plasticidad con Límite Líquido $> a 50$, desde los 3.00 a 4.00 m cambia a Arena limosa y desde los 4.00 a 4.50 m a Limo de baja plasticidad con Límite Líquido $> a 50$. (Tabla 12-4)

Determinación de la carga admisible

La capacidad de carga admisible del suelo de fundación ha sido evaluada mediante las fórmulas Teng y Meyerhof.

Análisis de capacidad de carga en función de "N" (SPT)

La capacidad de carga del suelo se eleva al incrementarse el valor de N mientras el sondeo se profundiza.

Si el valor de N es menor a 50 se considera como suelos, si el valor de N es mayor a 50 se considera como rechazo.

En el primer sondeo se considera suelo desde los 0 hasta 3 m de profundidad, se considera rechazo desde los 4 m en adelante (Tabla 13-4), en el segundo sondeo se considera suelo desde los 0 hasta los 3 m y se considera rechazo desde los 3 m en adelante (Tabla 14-4).

Tabla 13-4: Análisis de capacidad de carga por asentamiento SPT 1

Profundidad (m)		N	CAPACIDAD DE CARGA (T/m ²)				Promedio (T/m ²)
De	A	(golpes/30 cm) (SPT)	Teng		Meyerhoff		
			B<1.0 m	B>=1.2 m	B<1.0 m	B>=1.2 m	
0.00	1.00	7	5.99	5.54	10.50	11.01	2.75
1.00	2.00	7	5.99	5.54	10.50	11.01	2.75
2.00	3.00	5	3.00	2.77	7.50	7.86	1.76
3.00	4.00	4	1.50	1.38	6.00	6.29	1.26
4.00	4.50	65	92.92	85.82	97.50	102.24	31.54

*Los valores calculados poseen un factor de seguridad de 3.

Elaborado por: V. Chica, 2018.

Tabla 14-4: Análisis de capacidad de carga por asentamiento SPT 2

Profundidad (m)		N	CAPACIDAD DE CARGA (T/m ²)				Promedio (T/m ²)
De	A	(golpes/30 cm) (SPT)	Teng		Meyerhoff		
			B<1.0 m	B>=1.2 m	B<1.0 m	B>=1.2 m	
0.00	1.00	10	10.49	9.69	15.00	15.73	4.24
1.00	2.00	3	0.00	0.00	4.50	4.72	0.77
2.00	3.00	16	19.48	17.99	24.00	25.17	7.22
3.00	4.00	60	85.42	78.90	90.00	94.38	29.06
4.00	4.50	53	74.93	69.21	79.50	83.37	25.58

*Los valores calculados poseen un factor de seguridad de 3.

Elaborado por: V. Chica, 2018.

4.4 Análisis de sismicidad

Los resultados de ambas leyes de atenuación son:

Esteva y Villaverde

$$a = 0.13 * g$$

Goldsack

$$a = 0.13 * g$$

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción de 2014, asigna para el centro poblado Sevilla Don Bosco un valor de factor Z igual a 0.30*g y se ubica en la Zona Sísmica III correspondiente a una sismicidad alta (Fig. 12), éste valor dista mucho de los resultados obtenidos mediante cálculos con datos históricos locales, que colocan al

área de estudio dentro del rango de sismicidad intermedia, pero se debe adoptar el valor recomendado por la NEC- 2014, debido a que la zona de estudio en su mayor parte está formada por ceniza volcánica, material que en un evento sísmico amplifica las ondas superficiales y la duración de la sacudida sísmica debido a su baja compactación.

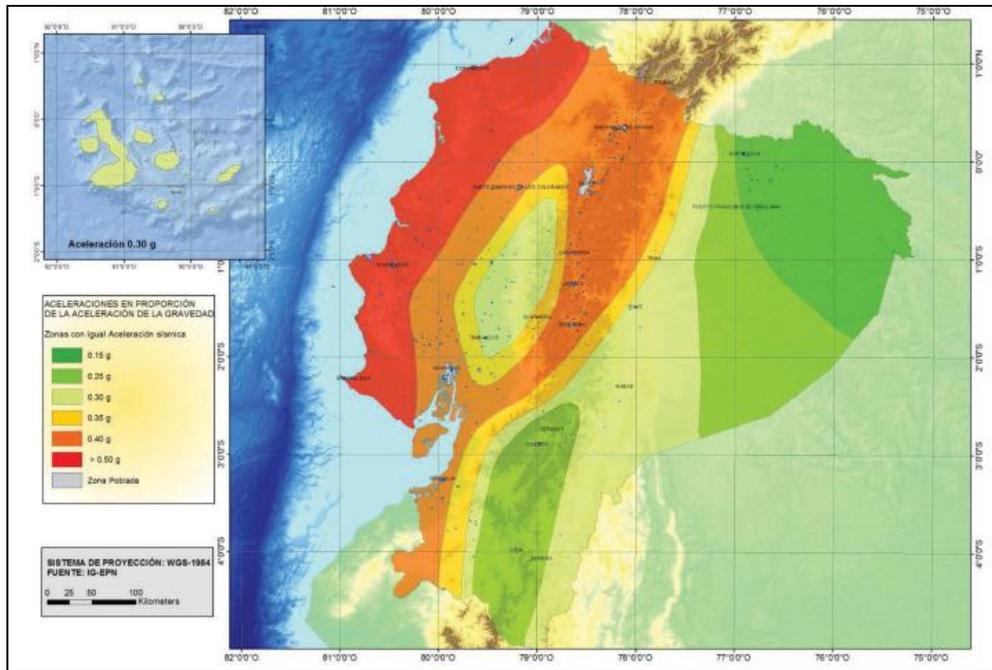


Figura 16: Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z
Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014) p.27.

CONCLUSIONES

- En la zona de estudio se observan 4 unidades estratigráficas catalogadas en este estudio como Coluvial 1, Coluvial 2, Ceniza volcánica y la Formación Mera, las cuales se ven plasmadas en el Mapa Geológico (Ver Anexo 41) generado a partir de las observaciones de campo.
- La caracterización geotécnica del suelo del área de estudio de acuerdo con la clasificación SUCS corresponde a Limos de alta plasticidad MH con $LL < 50$, Limos de baja plasticidad ML $LL > 50$ y Arena con componente limoso SM.
- A través del ensayo SPT, en la zona de estudio se localizó dos estratos de suelos definidos con diferentes capacidades portantes, el primero hasta los cuatro metros de profundidad corresponde a una arcilla limosa de consistencia blanda, de plasticidad y humedad alta; y el segundo estrato que es a partir del cuarto metro de profundidad en los que se encontró una arena limosa con grava y gravilla, de consistencia densa, no plástica y con humedades naturales altas.
- Mediante el ensayo SPT se determinó que la calidad del suelo en el área del Subcentro de Salud de Sevilla Don Bosco, en el sondeo uno (1) mejora notablemente desde 4 m y en el sondeo dos (2) a partir de 3 m.
- En base a los ensayos SPT se determina que la capacidad de carga en ambos sondeos es baja en los primeros 3 m, con valores de 1.76 Ton/m^2 para el sondeo uno (1) y 7.22 Ton/m^2 para el sondeo dos (2). De igual manera se comprueba que la calidad del suelo mejora conforme se profundizan los sondeos obteniendo a los 4 m una capacidad de carga de 31.54 Ton/m^2 en el sondeo uno (1) y 25.58 Ton/m^2 en el sondeo dos (2).
- El análisis de sismicidad local basado en las leyes de atenuación de Goldsack y la de Esteva - Villaverde sitúan al centro poblado Sevilla Don Bosco zona de sismicidad intermedia, mucho menor en comparación a la otorgada por la Norma NEC – 2014, correspondiente a una zona de sismicidad alta. Por seguridad se debe adoptar la aceleración sísmica de 0.30 establecida por la NEC-2014, pues las características del suelo de la zona son favorables para la amplificación de ondas sísmicas.

RECOMENDACIONES

- Se propone reemplazar el suelo en toda el área donde se pretenda realizar la construcción, en una potencia de 1.50 metros y sobrepasar el perímetro de la construcción por lo menos 1.00 metro, reemplazándolo por un material de mejoramiento granular que deberá compactarse mecánicamente al 90% de su densidad máxima para homogenizar el suelo.
- Debido a las características del suelo, se recomienda que los cimientos a aplicar para la futura infraestructura deberán estar a una profundidad mínima de - 4 metros bajo el nivel natural del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, W. (2011). *Apuntes de topografía*. Barcelona: Instituto Universatario Politécnico Santiago Mariño.
- Badillo, J., & Rodríguez, R. (1996). *Mecánica de suelos, Vol I*. Mexico: Limusa.
- Baldock, J. (1982). *Geología del Ecuador*. Quito: División de Investigación Geológico Minera.
- Bañon, L., & Bevía, J. (2007). *Manual de carreteras 2 Construcción y mantenimiento*. Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.
- Barragán, R., Christophoul, F., White, H., Rivadeneira, M., & Baby, P. (2004). *La cuenca oriente geologia y petroleo*. Quito: Institut français d'études andines.
- Consultora Podocarpus. (2014). *Geología, Relieve. PDOT del GADPR Sevilla Don Bosco*. Sevilla Don Bosco.
- Das, B. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. California: Cengage Learning Latin Am.
- Denis Legrand, P. B. (2004). El enjambre sísmico de Macas(Cordillera del Cutucú). En M. R. Patrice Baby, *Geología de la Cuenca Oriente* (págs. 169 - 182). Quito: Institut français d'études andines.
- Frankie. (6 de Enero de 2013). *Descriptorios geotécnicos* .<http://www.estudiosgeotecnicos.info>.
Obtenido de <http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/descriptorios-geotecnicos-5-plasticidad-limites-de-atterberg-y-consistencia/>
- García, F. (1981). *Curso básico de topografía: planimetría, agrimensura, altimetría*. México: Arbol.
- González, L., & Rodríguez, J. (2007). *Manual de ingeniería geológica*. Madrid: Instituto Geologico Minero.
- Marín, J. H. (2010). *Comportamiento del suelo en la zona próxima al Cerro de Marquéz y sus efectos en obras de infraestructura*. México, D.F.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2014). *NEC- Norma Ecuatoriana de la Construcción - Peligro Sísmico;Diseño Sismoresistente*. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Rivera, H. (2005). *Geología General*. México: Comunicacion On Time Sac.
- Sísmica de suelos SDS. (s.f.). *Sondeo de penetración estandar*. <http://sismica.com.mx/>. Obtenido de <http://sismica.com.mx/procedimientos/sondeo-penetracion-estandar.php>
- Soling, Laboratorio de suelos e ingeniería. (2017). *Informe Geotécnico*. Quito.
- Tschopp, H. (1945). *Mesas Cuaternarias de la planicie oriental*. Quito: Institut français d'études andines.
- Vesic, A. (1973). *Analisis de la capacidad de carga de cimentaciones superficiales*. ASCE.

ANEXOS

FICHA GEOLOGICA DE CAMPO			
UBICACIÓN		FECHA: 2017/11/16	
PROVINCIA:	Morona Santiago	Punto	2 MD2
CANTÓN:	Morona	COORDENADAS	
PARROQUIA:	Sevilla Don Bosco	X	Y
ÁREA:	Centro Poblado Sevilla Don Bosco	823101 E	9743722 N
		Altura:	984 msnm
		<p>Afloramiento de 1 m de alto por 2 m de largo, se observa una capa de ceniza volcánica color café oscuro, el material se disgrega con facilidad, contiene fragmentos de material volcánico de 5 mm de espesor y presenta una baja humedad.</p>	
Elaborado por: V. Chica, 2018.			

Anexo 1: Ficha geológica P2

FICHA GEOLOGICA DE CAMPO			
UBICACIÓN		FECHA: 2017/11/16	
PROVINCIA:	Morona Santiago	Punto	3 MD3
CANTÓN:	Morona	COORDENADAS	
PARROQUIA:	Sevilla Don Bosco	X	Y
ÁREA:	Centro Poblado Sevilla Don Bosco	822728 E	9743318 N
		Altura:	990 msnm
		<p>Afloramiento de 1 m de altura por 2 m de largo, corresponde a ceniza volcánica donde se observa un incremento la presencia de bloques de entre 0,5 cm a 15 cm de diámetro, subredondeados, en una matriz arcillosa de color café, clastos de andesita.</p>	
Elaborado por: V. Chica, 2018.			

Anexo 2: Ficha geológica P3

FICHA GEOLOGICA DE CAMPO			
UBICACIÓN		FECHA: 2017/11/16	
PROVINCIA:	Morona Santiago	Punto	4 MD4
CANTÓN:	Morona	COORDENADAS	
PARROQUIA:	Sevilla Don Bosco	X	Y
ÁREA:	Centro Poblado Sevilla Don Bosco	822725 E	9743239 N
		Altura:	1005 msnm
		<p>Afloramiento de lahar en roca andesita, presenta una pared de 5 m de alto por 2,5 m de largo, donde se observan bloques angulosos de entre 0,5 cm a 40 cm, bloques sub redondeados, cementados con una matriz arenosa del mismo material.</p>	
Elaborado por: V. Chica, 2018.			

Anexo 3: Ficha geológica P4

FICHA GEOLOGICA DE CAMPO			
UBICACIÓN		FECHA: 2017/11/16	
PROVINCIA:	Morona Santiago	Punto	5 MI1
CANTÓN:	Morona	COORDENADAS	
PARROQUIA:	Sevilla Don Bosco	X	Y
ÁREA:	Centro Poblado Sevilla Don Bosco	822612 E	9743339 N
		Altura:	983 msnm
		<p>Excavación para colocación de alcantarillado, de 50 cm de ancho, 1 m de alto y 10 m de largo. Se puede observar material de color café rojizo, correspondiente a ceniza volcánica alterada.</p>	
Elaborado por: V. Chica, 2018.			

Anexo 4: Ficha geológica P5

FICHA GEOLOGICA DE CAMPO			
UBICACIÓN		FECHA: 2017/11/16	
PROVINCIA:	Morona Santiago	Punto	6 MD6
CANTÓN:	Morona	COORDENADAS	
PARROQUIA:	Sevilla Don Bosco	X	Y
ÁREA:	Centro Poblado Sevilla Don Bosco	821883 E	9743415 N
		Altura:	983 msnm
		<p>Se observa una superficie plana de aproximadamente 8 m de largo y 6 m de ancho, compuesta por una capa de ceniza volcánica alterada de color café rojizo de 2m de espesor, bajo esta capa se encuentra material de lahar.</p>	
Elaborado por: V. Chica, 2018.			

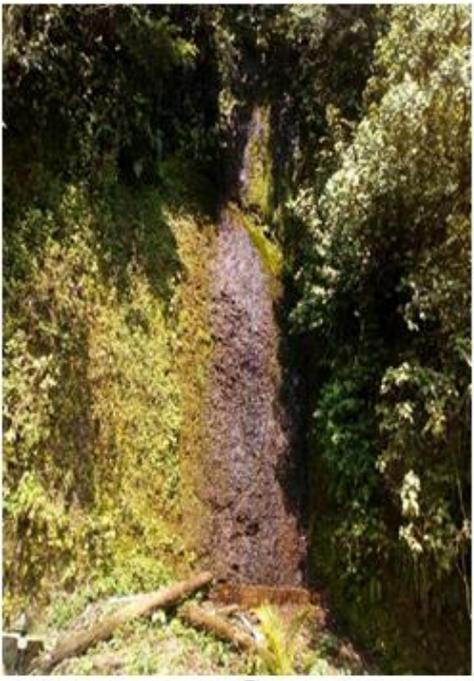
Anexo 5: Ficha geológica P6

FICHA GEOLOGICA DE CAMPO			
UBICACIÓN		FECHA: 2017/11/16	
PROVINCIA:	Morona Santiago	Punto	7 MD7
CANTÓN:	Morona	COORDENADAS	
PARROQUIA:	Sevilla Don Bosco	X	Y
ÁREA:	Centro Poblado Sevilla Don Bosco	822049 E	9743571 N
		Altura:	987 msnm
		<p>Afloramiento de lahar de 2 m de alto por 2,5 m de largo, se observan bloques de 10 y 40 cm de ancho, subredondeados y angulosos, en una matriz arenosa de color oscuro (andesita).</p>	
Elaborado por: V. Chica, 2018.			

Anexo 6: Ficha geológica P7

FICHA GEOLOGICA DE CAMPO			
UBICACIÓN		FECHA: 2017/11/16	
PROVINCIA:	Morona Santiago	Punto	8 MD8
CANTÓN:	Morona	COORDENADAS	
PARROQUIA:	Sevilla Don Bosco	X	Y
ÁREA:	Centro Poblado Sevilla Don Bosco	821941 E	9743965 N
		Altura:	951 msnm
		<p>Afloramiento de 3 m de alto por 2 m de largo, donde afloran bloques redondeados de entre 5 a 60 cm de diámetro, cementados en una matriz arenosa de granulometría variable.</p>	
Elaborado por: V. Chica, 2018.			

Anexo 7: Ficha geológica P8

FICHA GEOLOGICA DE CAMPO			
UBICACIÓN		FECHA: 2017/11/16	
PROVINCIA:	Morona Santiago	Punto	9 MD9
CANTÓN:	Morona	COORDENADAS	
PARROQUIA:	Sevilla Don Bosco	X	Y
ÁREA:	Centro Poblado Sevilla Don Bosco	821916 E	9743994 N
		Altura:	936 msnm
 <p style="text-align: right;">2,5 m</p>		<p>Afloramiento de 2,50 m de altura por 2,50 m de largo, en el que se puede observar el cambio de litología de material de conglomerado con bloques sub redondeados de entre 5 a 60 cm de diámetro, cementados en una matriz arenosa de granulometría variable en la parte superior, a material de lahar con arena de color café (andesita) en la parte inferior que corresponde a la misma formación.</p> <p>Al observar el afloramiento desde la base del lahar, tiene aproximadamente 70 m de alto y 5 m de largo, de los cuales 8 m corresponden a la capa de conglomerados en la parte superior y 62 m a material de lahar en la parte inferior.</p>	
 <p style="text-align: right;">70 m</p>			
Elaborado por: V. Chica, 2018.			



Anexo 9: Ensamble del equipo SPT

REGISTRO DE PERFORACION			
PROYECTO	FECHA	N.º DE EQUIPO	
UBICACION	PERFORACION	CONECTOR	
PROFUNDIDAD	N.º DE GOLPES	N.º DE ESCALAS	
0.0-0.5	1 2 4 6		
0.5-1.0	2 3 3 6		
1.0-1.5	3 3 5 8		
1.5-2.0	8 9 11 20		
2.0-2.5	7 7 5 14		
2.5-3.0	9 10 15 25		
3.0-3.5	15 14 15		
3.5-4.0	30 16 30		
4.0-4.5			
4.5-5.0			
5.0-5.5			
5.5-6.0			

Anexo 10: Registro de perforación SPT



Anexo 11: Muestras extraídas



Anexo 12: Muestras secas para ensayos



Anexo 13: Realización de análisis de límites de Atterberg



Anexo 14: Realización de calicatas



Anexo 15: Trabajo de campo



LABORATORIO DE SUELOS



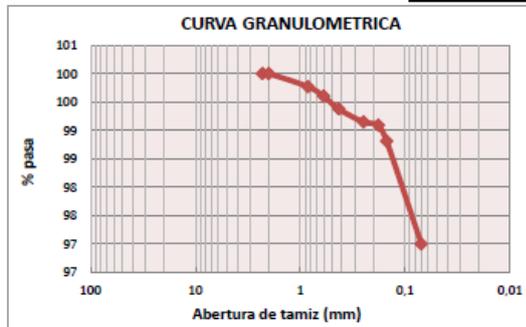
PROYECTO:	TESIS EST. GEOTEC. AREA 9C SALUD SEVILLA DON BOSCO	COLOR:	CAFÉ OSCURO	ENSAYADO POR:	VALERIA CHICA
COORDENADAS:	WGS84 922691 9743631	MUESTRA:	M1C1	FECHA DE TOMA:	5/2/2018
USO:	TESIS	PROFUNDIDAD 2M		FECHA DE ENSAYO:	16/2/2018

ENSAYOS DE CLASIFICACION

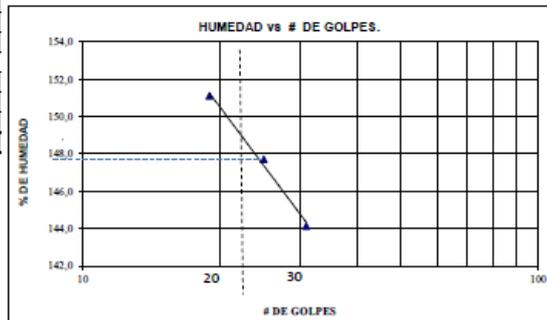
TAMIZ	GRANULOMETRÍA (ASTM D422)					
	ABERTURA (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMUL	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFIC
1/2"	12,5					
3/8"	9,5					
1/4"	6,3					
N° 4	4,7	-				
N° 8	2,3	0,0	0,0	0,00	100,00	
N° 10	2,0	0,0	0,0	0,00	100,00	
N° 20	0,85	0,80	0,8	0,23	99,77	
N° 30	0,60	0,80	1,4	0,40	99,60	
N° 40	0,43	0,80	2,2	0,62	99,38	
N° 60	0,25	0,80	3,0	0,85	99,15	
N° 80	0,18	0,20	3,2	0,91	99,09	
N° 100	0,15	1,00	4,2	1,19	98,81	
N° 200	0,07	6,40	10,6	3,00	97,00	
< N° 200		342,4	342,4	97,00		
TOTAL			353,0			

PESO ANTES DEL LAVADO= 353,00 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 10,60 gr

ÁRIDO	%
GRAVA	0 %
ARENA	3 %
FINOS	97 %



HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)						
N°	N°	PESO	PESO	PESO	%	%
TARRO	GOLPES	HUMEDO	SECO	TARRO	DE HUMEDAD	PROMEDIO
39		177,18	83,15	27,66	169,45	
40		179,93	84,68	28,38	169,18	169,32
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)						
21	35	44,85	35,02	28,20	144,13	
22	26	43,61	34,26	27,93	147,71	
23	17	43,44	33,86	27,52	151,10	
						147,65
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
36		16,92	15,33	13,74	100,00	
39		17,28	15,43	13,58	100,00	
						100,00



CLASIFICACION:	
SUCS	PT (Suelos organicos)
AASTHO	A-8
HUMEDAD NATURAL	169,32 %
LIMITE LIQUIDO:	147,65 %
LIMITE PLASTICO:	100,00
INDICE PLASTICO:	47,65
INDICE DE GRUPO:	77,00

Anexo 16: Análisis muestra M1C1



LABORATORIO DE SUELOS



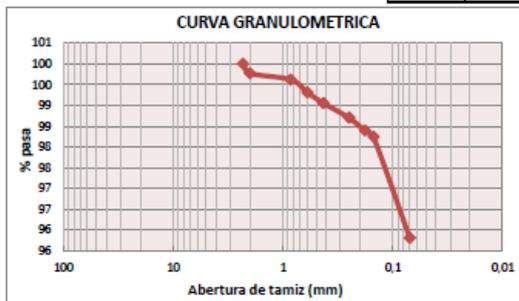
PROYECTO: TESIS EST. GEOTEC. AREA SC SALUD SEVILLA DON BOSCO COLOR: CAFÉ OSCURO	ENSAYADO POR:
COORDENADAS:	MUESTRA : M2C2
USO: TESIS	FECHA DE TOMA: 5/2/2018
	FECHA DE ENSAYO: 16/2/2018

ENSAYOS DE CLASIFICACION

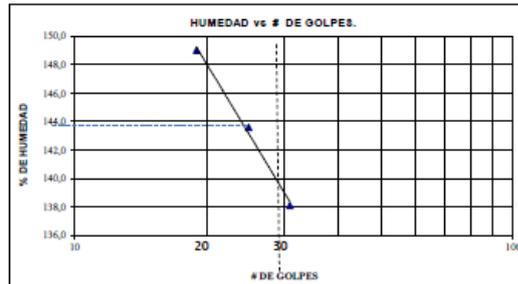
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMUL	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFIC
1/2"	12,5					
3/8"	9,5					
1/4"	6,3					
Nº 4	4,7	-				
Nº 8	2,3	0,0	0,0	0,00	100,00	
Nº 10	2,0	0,90	0,9	0,23	99,77	
Nº 20	0,85	0,60	1,5	0,38	99,62	
Nº 30	0,60	1,20	2,7	0,69	99,31	
Nº 40	0,43	1,00	3,7	0,94	99,06	
Nº 60	0,25	1,40	5,1	1,30	98,70	
Nº 80	0,18	1,20	6,3	1,61	98,39	
Nº 100	0,15	0,60	6,9	1,76	98,24	
Nº 200	0,07	9,50	16,4	4,18	95,82	
< Nº 200		375,6	375,6	95,82		
TOTAL			392,0			

PESO ANTES DEL LAVADO= 392,00 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 16,40 gr

ÁRIDO	%
GRAVA	0 %
ARENA	4 %
FINOS	96 %



HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)						
Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
36		162,00	80,00	28,06	157,87	
37		154,36	77,30	27,39	154,40	156,14
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)						
26	35	43,15	34,39	28,03	138,11	
27	25	45,12	35,04	28,02	143,59	
28	16	43,70	34,58	28,46	149,02	
						143,57
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
22		17,14	15,37	13,51	95,16	
23		17,55	15,62	13,59	95,07	
						95,12



CLASIFICACION:	
SUCS	PT (Suelos organicos)
AASTHO	A-8
HUMEDAD NATURAL:	156,14 %
LIMITE LIQUIDO:	143,57 %
LIMITE PLASTICO:	95,12
INDICE PLASTICO:	48,46
INDICE DE GRUPO:	75,00

Anexo 17: Análisis muestra M2C2



LABORATORIO DE SUELOS



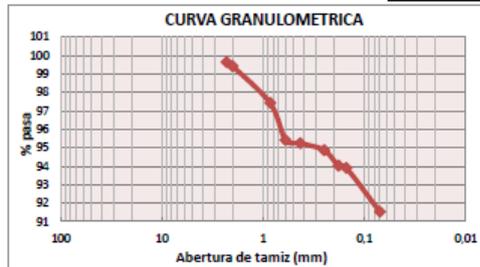
PROYECTO: TESIS EST. GEOTEC. AREA SC SALUD SEVILLA DON BOSCO	COLOR: CAFÉ OSCURO	ENSAYADO POR:
COORDENADAS:	MUESTRA: M3C3	FECHA DE TOMA: 5/2/2018
USO: TESIS	PROFUNDIC 1.5M	FECHA DE ENSAYO: 16/2/2018

ENSAYOS DE CLASIFICACION

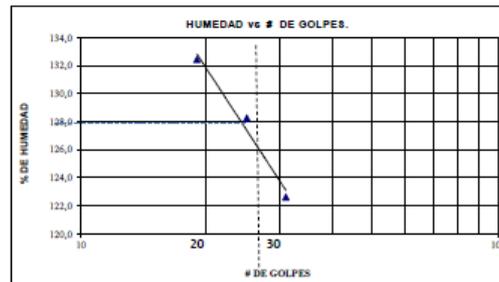
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMUL	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFIC
1/2"	12,5					
3/8"	9,5					
1/4"	6,3					
Nº 4	4,7	-	0,0	0,00	100,00	
Nº 8	2,3	1,5	1,5	0,37	99,63	
Nº 10	2,0	0,9	2,4	0,60	99,40	
Nº 20	0,85	1,20	10,4	2,59	97,41	
Nº 30	0,60	8,00	18,4	4,59	95,41	
Nº 40	0,43	0,70	19,1	4,76	95,24	
Nº 60	0,25	1,50	20,6	5,14	94,86	
Nº 80	0,18	1,00	21,6	5,39	94,01	
Nº 100	0,15	1,40	23,0	5,74	93,89	
Nº 200	0,07	9,50	32,5	8,10	91,52	
< Nº 200		368,5	368,5	91,90		
TOTAL			401,0			

PESO ANTES DEL LAVADO= 401,00 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 32,50 gr

ÁRIDO	%
GRAVA	0 %
ARENA	8 %
FINOS	92 %



HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)						
Nº	Nº	PESO	PESO	PESO	%	%
TARRO	GOLPES	HUMEDO	SECO	TARRO	DE HUMEDAD	PROMEDIO
42		172,39	82,07	26,02	161,14	
43		184,52	87,00	27,09	162,78	161,96
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)						
29	33	45,02	34,88	26,61	122,61	
30	24	44,15	34,53	27,03	128,27	
31	15	44,50	34,06	27,23	132,44	
						127,77
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
40		17,83	15,66	13,40	96,02	
41		18,04	15,78	13,41	95,36	
						95,69



CLASIFICACION:	
SUCS	PT (Suelos organicos)
AASTHO	A-8
HUMEDAD NATURAL:	161,96 %
LIMITE LIQUIDO:	127,77 %
LIMITE PLASTICO:	95,69
INDICE PLASTICO:	32,08
INDICE DE GRUPO:	53,00

Anexo 18: Análisis muestra M3C3



LABORATORIO DE SUELOS

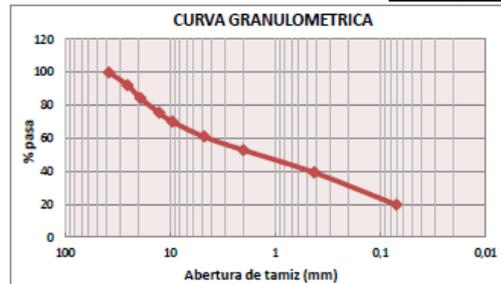


PROYECTO: TESIS EST. GEOTEC. AREA SC SALUD SEVILLA DON BOSCO COLOR: CAFÉ OSCURO	ENSAYADO POR: VALERIA CHICA
COORDENADAS: WGS84	MUESTRA : M4C4
USO: TESIS	PROFUNDID. 2M
	FECHA DE TOMA: 5/2/2018
	FECHA DE ENSAYO: 18/2/2018

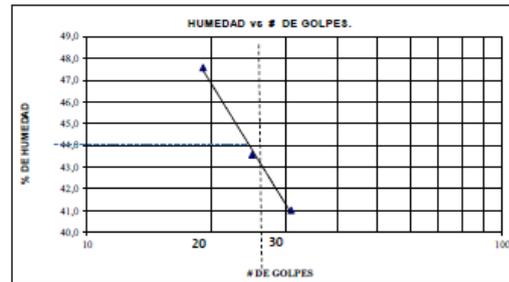
ENSAYOS DE CLASIFICACION

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMUL	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFIC
4"	76,2					
2 1/2"	63,5					
2"	50,8					
1 1/2"	38,1	-	0,0	0,00	100,00	
1"	25,4	90,20	90,2	7,91	92,09	
3/4"	19,1	89,80	180,0	15,79	84,21	
1/2"	12,7	100,00	280,0	24,56	75,44	
3/8"	9,52	62,00	342,0	30,00	70,00	
Nº4	4,76	103,40	445,4	39,07	60,93	
< Nº4						
Nº10	2	93,00	538,4	47,23	52,77	
Nº40	0,425	155,20	893,6	80,84	19,16	
Nº200	0,07	223,00	916,6	80,40	19,60	
< Nº200			223,4	19,60		
TOTAL			1140,0			

PESO ANTES DEL LAVADO=	1.140,00 gr	ÁRIDO	%
PESO DESPUES DEL LAVADO=	916,60 gr	GRAVA	39 %
		ARENA	41 %
		FINOS	20 %



Nº	Nº	PESO HUMEDO	PESO SECO	TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
43		219,46	168,66	27,09	35,99	
44		204,53	154,83	29,09	39,53	37,76
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)						
34	33	50,31	44,07	28,86	41,03	
35	27	50,43	43,15	28,44	43,57	
36	19	50,92	43,55	28,06	47,58	
						44,06
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
29		20,27	18,51	13,42	34,58	
40		21,59	19,48	13,40	34,70	34,64



CLASIFICACION:	
SUCS	ML (limos arenosos)
AASTHO	A-2-5
HUMEDAD NATURAL:	37,76 %
LIMITE LIQUIDO:	44,06 %
LIMITE PLASTICO:	34,64
INDICE PLASTICO:	9,42
INDICE DE GRUPO:	-3,00

Anexo I9: Análisis muestra M4C4



LABORATORIO DE SUELOS



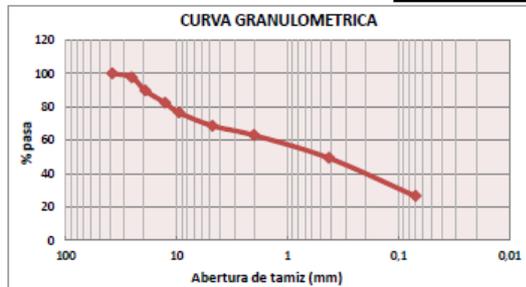
PROYECTO: TESIS EST. GEOTEC. AREA SC SALUD SEVILLA DON BOSCO	COLOR: CAFÉ ROJIZO	ENSAYADO POR:
COORDENADAS:	MUESTRA: M5C5	FECHA DE TOMA: 5/2/2018
USO: TESIS	PROFUNDIDAD 1.5M	FECHA DE ENSAYO: 18/2/2018

ENSAYOS DE CLASIFICACION

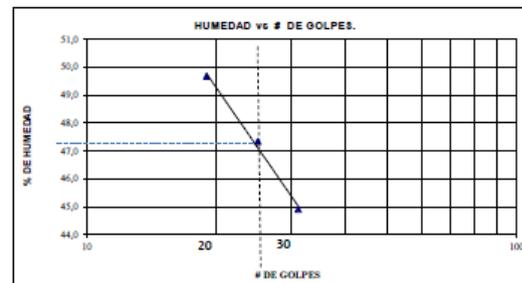
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMUL	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFIC
4"	76,2					
2 1/2"	63,5					
2"	50,8					
1 1/2"	38,1	-	0,0	0,00	100,00	
1"	25,4	34,50	34,5	2,23	97,77	
3/4"	19,1	124,00	158,5	10,25	89,75	
1/2"	12,7	114,00	272,5	17,61	82,39	
3/8"	9,52	89,00	361,5	23,37	76,63	
Nº4	4,76	123,00	484,5	31,32	68,68	
< Nº4						
Nº10	2	88,00	572,5	37,01	62,99	
Nº40	0,425	211,00	783,5	50,85	49,35	
Nº200	0,07	354,00	1137,5	73,53	26,47	
< Nº200		409,5	409,5	26,47		
TOTAL			1547,0			

PESO ANTES DEL LAVADO= 1.547,00 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 1.137,50 gr

ÁRIDO	%
GRAVA	31 %
ARENA	42 %
FINOS	26 %



HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)						
Nº	Nº	PESO	PESO	PESO	%	%
TARRO	GOLPES	HUMEDO	SECO	TARRO	DE HUMEDAD	PROMEDIO
35		184,52	137,22	26,44	42,70	
36		176,69	130,00	28,08	45,80	44,25
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)						
21	35	48,56	42,25	28,20	44,91	
22	25	49,22	42,38	27,93	47,34	
23	16	50,09	42,60	27,52	49,67	
						47,31
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
33		18,56	17,15	13,42	37,80	
34		19,04	17,62	13,85	37,67	
						37,73



CLASIFICACION:	
SUCS	ML (limos arenosos)
AASTHO	A-2-6
HUMEDAD NATURAL:	44,25 %
LIMITE LIQUIDO:	47,31 %
LIMITE PLASTICO:	37,73
INDICE PLASTICO:	9,57
INDICE DE GRUPO:	-2,00

Anexo 20: Análisis muestra M5C5



LABORATORIO DE SUELOS

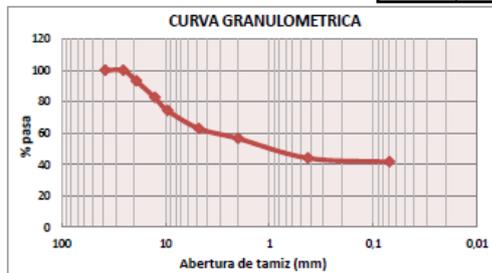


PROYECTO: TESIS EST. GEOTEC. AREA SC SALUD SEVILLA DON BOSCO	COLOR: CAFÉ ROJIZO	ENSAYADO POR:
COORDENADAS:	MUESTRA: M6C6	FECHA DE TOMA: 5/2/2018
USO: TESIS	PROFUNDIDAD 1.5M	FECHA DE ENSAYO: 16/2/2018

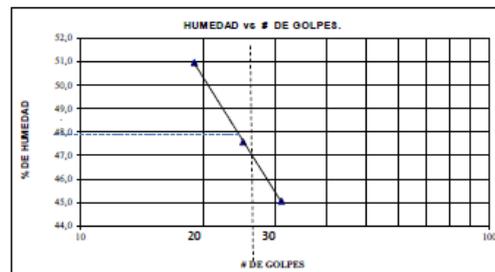
ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMUL	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFIC
4"	76,2					
2 1/2"	63,5					
2"	50,8					
1 1/2"	38,1	-	0,0	0,00	100,00	
1"	25,4	-	0,0	0,00	100,00	
3/4"	19,1	58,00	58,0	6,71	93,29	
1/2"	12,7	91,00	149,0	17,26	82,75	
3/8"	9,52	72,00	221,0	25,58	74,42	
Nº4	4,76	99,00	320,0	37,04	62,96	
< Nº4						
Nº10	2	55,00	375,0	43,40	56,60	
Nº40	0,425	108,00	483,0	56,80	44,10	
Nº200	0,07	21,00	504,0	58,33	41,67	
< Nº200		360,0	360,0	41,67		
TOTAL			864,0			

PESO ANTES DEL LAVADO=	864,00 gr	ÁRIDO	%
PESO DESPUES DEL LAVADO=	504,00 gr	GRAVA	37 %
		ARENA	21 %
		FINOS	42 %



HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)						
Nº	Nº	PESO	PESO	PESO	%	%
TARRO	GOLPES	HUMEDO	SECO	TARRO	DE HUMEDAD	PROMEDIO
30		164,00	128,80	27,03	34,85	
31		154,20	121,00	27,23	35,41	35,13
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)						
26	34	47,25	41,28	28,03	45,06	
27	26	48,82	41,88	28,02	47,56	
28	17	48,25	41,57	28,46	50,95	
						47,86
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
22		17,18	16,24	13,51	34,43	
23		17,94	16,80	13,59	35,51	
						34,97



CLASIFICACION:	
SUCS	ML (limos arcillosos)
AASTHO	A-7-5
HUMEDAD NATURAL:	35,13 %
LIMITE LIQUIDO:	47,86 %
LIMITE PLASTICO:	34,97
INDICE PLASTICO:	12,89
INDICE DE GRUPO:	2,00

Anexo21: Análisis muestra M6C6



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO **TESIS EST. GEOTEC. AREA SC SALUD SEVILLA DON BOSCO**
 SECTOR: **SEVILLA DON BOSCO** YACIMIENTO:
 KM ORIGEN:
 MUESTRA No. **M1C1** FECHA DE ENSAYO : **16 de febrero de 2018**
 PROFUNDIDAD **2m** ENSAYADO POR: **Valeria Chica**

USO PROPUESTO:
GRAVEDAD ESPECÍFICA

AGREGADO FINO

Material que pasa el tamiz N° <u>4</u> y pasa el tamiz n° <u>200</u>			
"A" peso en el aire de la muestra secada al horno		<u>404</u>	gr
"B" volumen de probeta		<u>500,0</u>	gr
"C" peso en gramos de agua añadida		<u>236</u>	gr

Gravedad Específica de la masa	$\frac{A}{B-C}$	=	$\frac{404}{500 - 236}$	=	1,530
Gravedad Específica s.s.s	$\frac{B}{B-C}$	=	$\frac{500}{500 - 236}$	=	1,894
Gravedad Específica aparente	$\frac{A}{(B-C) - (500-A)}$	=	$\frac{404}{264 - 96}$	=	2,405
% de absorción	$\frac{B-A}{A} \times 100$	=	$\frac{500 - 404}{404}$	=	23,76

Anexo 22: Gravedad específica muestra M1C1



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO **TESIS EST. GEOTEC. AREA SC SALUD SEVILLA DON BOSCO**
 SECTOR: **SEVILLA DON BOSCO** YACIMIENTO:
 KM ORIGEN:
 MUESTRA No. **M2C2** FECHA DE ENSAYO : **16 de febrero de 2018**
 PROFUNDIDAD **1.5m** ENSAYADO POR: **Valeria Chica**

USO PROPUESTO:
GRAVEDAD ESPECÍFICA

AGREGADO FINO

Material que pasa el tamiz N° <u>4</u> y pasa el tamiz n°	<u>200</u>	
"A" peso en el aire de la muestra secada al horno	<u>415</u>	gr
"B" volumen de probeta	<u>500,0</u>	gr
"C" peso en gramos de agua añadida	<u>240</u>	gr

Gravedad Específica de la masa	$\frac{A}{B-C}$	=	$\frac{415}{500 - 240}$	=	1,596
Gravedad Específica s.s.s	$\frac{B}{B-C}$	=	$\frac{500}{500 - 240}$	=	1,923
Gravedad Específica aparente	$\frac{A}{(B-C) - (500-A)}$	=	$\frac{415}{260 - 85}$	=	2,371
% de absorción	$\frac{B-A}{A} \times 100$	=	$\frac{500 - 415}{415}$	=	20,48

Anexo 23: Gravedad específica muestra M2C2



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO **TESIS EST. GEOTEC. AREA SC SALUD SEVILLA DON BOSCO**
 SECTOR: **SEVILLA DON BOSCO** YACIMIENTO:
 KM ORIGIN:
 MUESTRA No. **M3C3** FECHA DE ENSAYO : **16 de febrero de 2018**
 PROFUNDIDAD **1.5m** ENSAYADO POR: **Valeria Chica**

USO PROPUESTO:

GRAVEDAD ESPECÍFICA

AGREGADO FINO

Material que pasa el tamiz N°	<u>4</u>	y pasa el tamiz n°	<u>200</u>	
"A" peso en el aire de la muestra secada al horno			<u>400</u>	gr
"B" volumen de probeta			<u>500,0</u>	gr
"C" peso en gramos de agua añadida			<u>240</u>	gr

Gravedad Específica de la masa	$\frac{A}{B-C}$	=	$\frac{400}{500 - 240}$	=	1,538
Gravedad Específica s.s.s	$\frac{B}{B-C}$	=	$\frac{500}{500 - 240}$	=	1,923
Gravedad Específica aparente	$\frac{A}{(B-C) - (500-A)}$	=	$\frac{400}{260 - 100}$	=	2,500
% de absorción	$\frac{B-A}{A} \times 100$	=	$\frac{500 - 400}{400}$	=	25,00

Anexo 24: Gravedad específica muestra M3C3



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO **TESIS EST. GEOTEC. AREA SC SALUD SEVILLA DON BOSCO**
 SECTOR: **SEVILLA DON BOSCO** YACIMIENTO:
 KM ORIGEN:
 MUESTRA No. **M4C4** FECHA DE ENSAYO : **16 de febrero de 2018**
 PROFUNDIDAD **2m** ENSAYADO POR: **Valeria Chica**

USO PROPUESTO:
GRAVEDAD ESPECÍFICA

AGREGADO FINO

Material que pasa el tamiz N° <u>3/8</u> y pasa el tamiz n°	200	
"A" peso en el aire de la muestra secada al horno	454	gr
"B" volumen de probeta	500,0	gr
"C" peso en gramos de agua añadida	280	gr

Gravedad Específica de la masa	$\frac{A}{B-C} = \frac{454}{500 - 280} = 2,064$
Gravedad Específica s.s.s	$\frac{B}{B-C} = \frac{500}{500 - 280} = 2,273$
Gravedad Específica aparente	$\frac{A}{(B-C) - (500-A)} = \frac{454}{220 - 46} = 2,609$
% de absorción	$\frac{B-A}{A} \times 100 = \frac{500 - 454}{454} = 10,13$

Anexo 25: Gravedad específica muestra M4C4



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO **TESIS EST. GEOTEC. AREA SC SALUD SEVILLA DON BOSCO**
 SECTOR: **SEVILLA DON BOSCO** YACIMIENTO:
 KM ORIGEN:
 MUESTRA No. **M5C5** FECHA DE ENSAYO : **16 de febrero de 2018**
 PROFUNDIDAD **1.5m** ENSAYADO POR: **Valeria Chica**

USO PROPUESTO:

GRAVEDAD ESPECÍFICA

AGREGADO FINO

Material que pasa el tamiz N° <u>3/8</u> y pasa el tamiz n° <u>200</u>			
"A" peso en el aire de la muestra secada al horno		<u>462</u>	gr
"B" volumen de probeta		<u>500,0</u>	gr
"C" peso en gramos de agua añidida		<u>271</u>	gr

Gravedad Específica de la masa	$\frac{A}{B-C}$	=	$\frac{462}{500 - 271}$	=	2,017
Gravedad Específica s.s.s	$\frac{B}{B-C}$	=	$\frac{500}{500 - 271}$	=	2,183
Gravedad Específica aparente	$\frac{A}{(B-C) - (500-A)}$	=	$\frac{462}{229 - 38}$	=	2,419
% de absorción	$\frac{B-A}{A} \times 100$	=	$\frac{500 - 462}{462}$	=	8,23

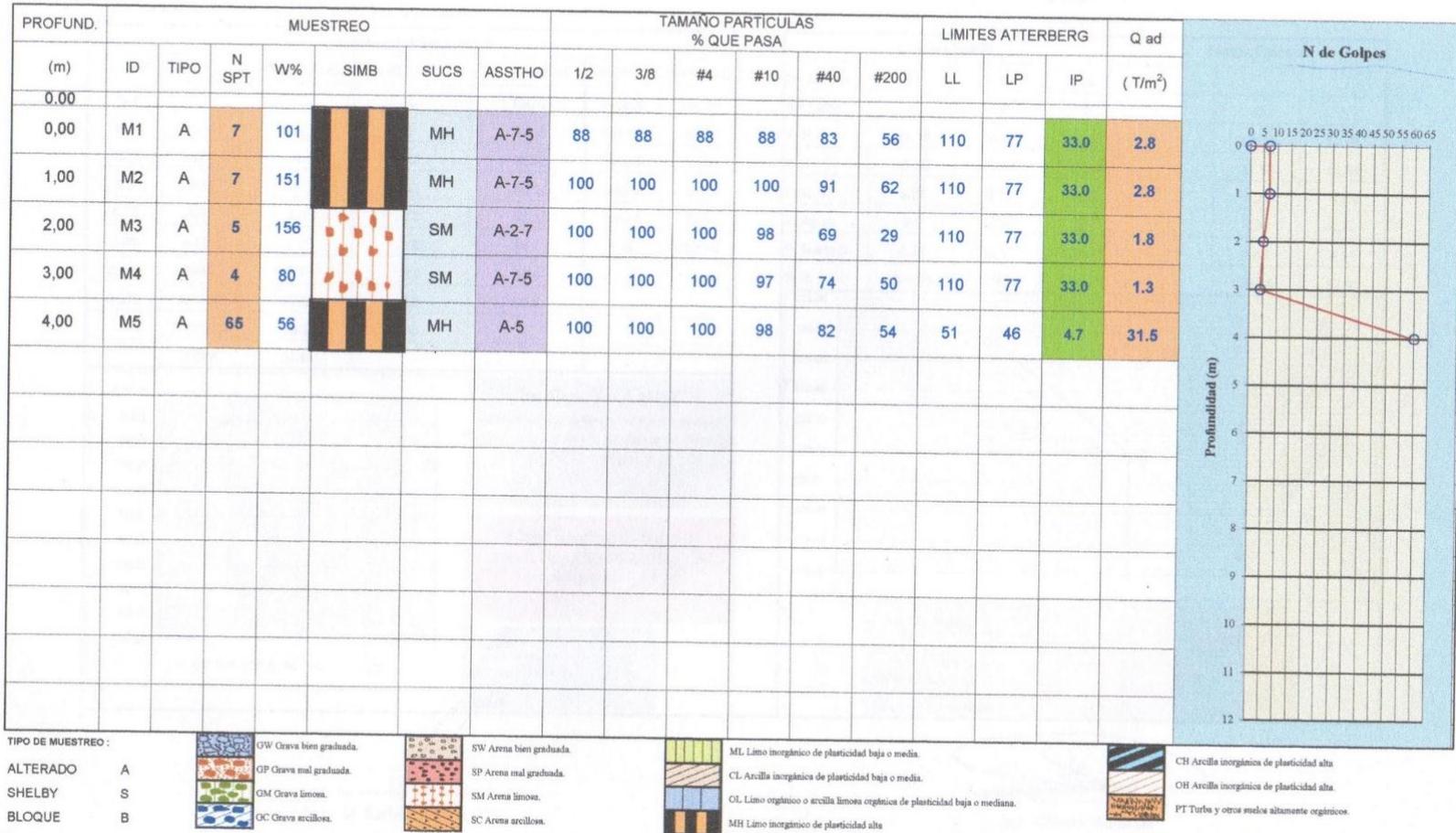
Anexo 26: Gravedad específica muestra M5C5



PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO: Centro de salud Sevilla Don Bosco
 UBICACIÓN: Macas
 CIUDAD:

PERFORACIÓN: POZO No. 1
 N.F.: NO DETECTADO
 FECHA: 13/12/2017



Anexo 28: Perfil estratigráfico pozo 1



ENSAYOS DE CLASIFICACION

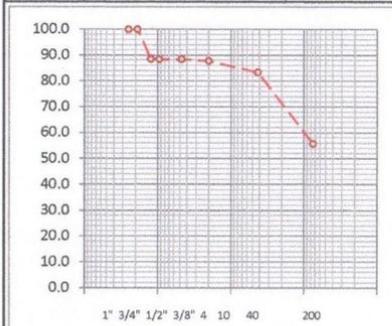
Proyecto: Centro de salud Sevilla Don Bosco
 Solicita:
 Ubicación: Macas

Fecha Recep : 13/12/2017
 Pozo Nº. 1
 Profundidad: 0,0 - 0,5
 Fecha Ensayo : 20/12/2017

Norma: ASTM 136-04

ASTM D 4318-00

ANALISIS MECANICO						
TAMIZ	ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	HUMEDAD NATURAL		
25.0	1	0	100.0	Peso H.	134.16	
19.0	3/4	0	100.0	Peso S.	99.66	
12.5	1/2	4	88.3	Peso T.	65.38	
9.5	3/8	4	88.3	Peso M.	34.3	
4.75	Nº4	4.0	88.3	Peso A.	34.5	
2.00	Nº10	4.2	87.7	% H.	100.64	
0.425	Nº40	5.7	83.4			
0.075	Nº200	15.2	44			
	P. Nº200	19.1	56			
	TOTAL	34.3				

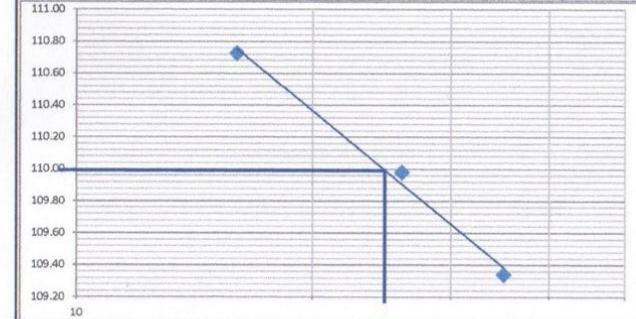


Clasificación AAHSTO
 Material limoso-arenoso Pobre a malo
 como subgrado A-7-5 Suelo arcilloso
 Valor del índice de grupo (IG): 21

Clasificación (S.U.C.S.)
 Suelo de partículas finas. Limo alta
 plasticidad arenoso MH

GRAVA	11.7
ARENA	32.7
FINOS	55.7

	Limite Liquido			Limite Plastico	
Nº Golpes	35	26	16		
Nº Tarro	6	54	2	47	8
P. H	25.15	28.81	29.25	17.02	17.75
P. S	15.55	17.24	17.48	12.55	12.99
Peso T.	6.77	6.72	6.85	6.71	6.84
P. Agua	9.6	11.57	11.77	4.47	4.76
P. Suelo S.	8.78	10.52	10.63	5.84	6.15
% H.	109.34	109.98	110.72	76.54	77.40



Humedad Natural	100.64
Límite Líquido	110.00
Límite Plástico	76.97
Índice de Plasticidad	33.03

Sr. Carlos Ormaza
 Laboratorista

Ing. Alfredo Mucarsel
 Geotécnico

Anexo 29: Ensayo de clasificación pozo 1 de 0 – 0,5m

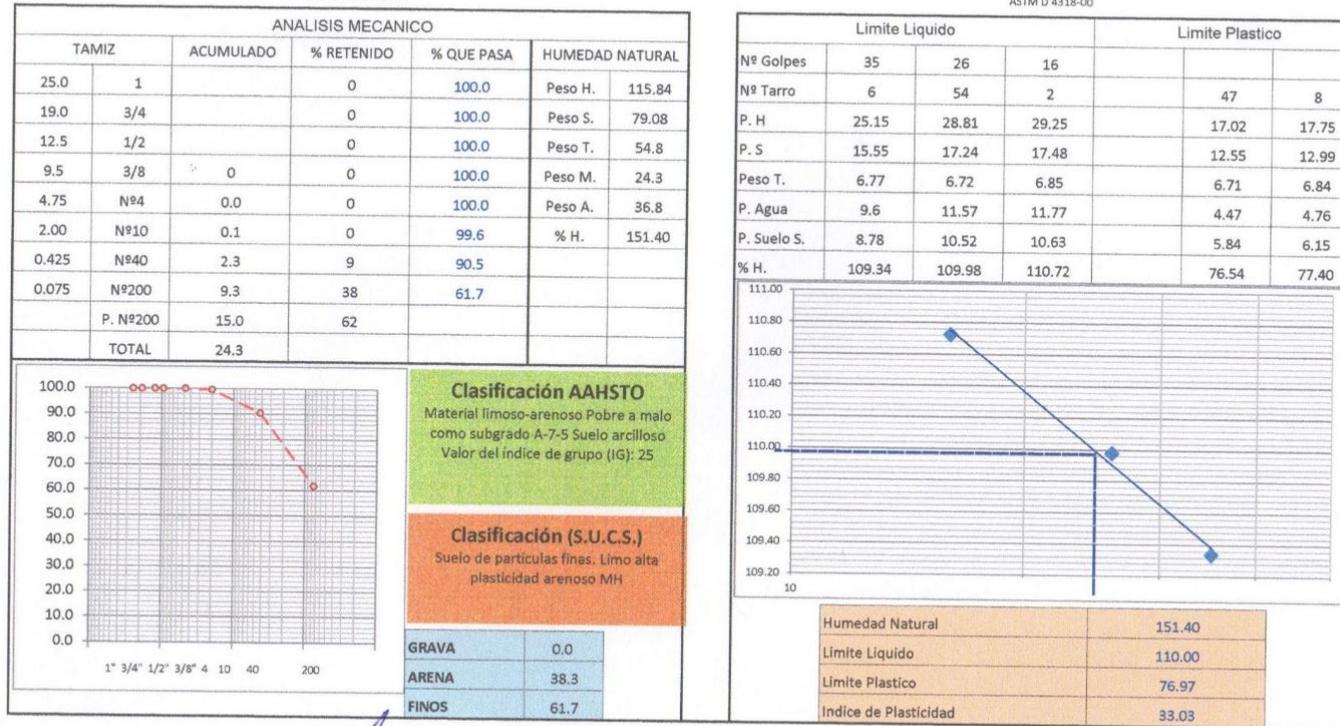


ENSAYOS DE CLASIFICACION

Proyecto: Centro de salud Sevilla Don Bosco
 Solicita:
 Ubicación: Macas

Fecha Recep : 13/12/2017
 Pozo N°. 1
 Profundidad: 1.0 - 1.5
 Fecha Ensayo : 20/12/2017
 ASTM D 4318-00

Norma: ASTM 136-04



Sr. Carlos Ormaza
 Laboratorista

Ing. Alfredo Mucarsel
 Geotécnico

Anexo 30: Ensayo de clasificación pozo 1 de 1 – 1,5m



ENSAYOS DE CLASIFICACION

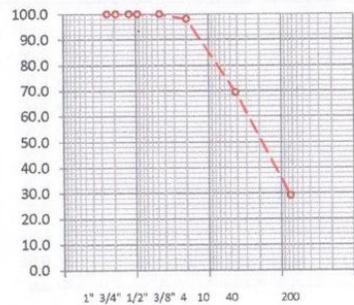
Proyecto: Centro de salud Sevilla Don Bosco
Solicita:
Ubicación: Macas

Fecha Recep : 13/12/2017
Pozo Nº. 1
Profundidad: 2.0 - 2.5
Fecha Ensayo : 20/12/2017

Norma: ASTM 136-04

ASTM D 4318-00

ANÁLISIS MECÁNICO					
TAMIZ	ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	HUMEDAD NATURAL	
25.0	1	0	100.0	Peso H.	147.3
19.0	3/4	0	100.0	Peso S.	107.03
12.5	1/2	0	100.0	Peso T.	81.25
9.5	3/8	0	100.0	Peso M.	25.8
4.75	Nº4	0.0	100.0	Peso A.	40.3
2.00	Nº10	0.5	98.1	% H.	156.25
0.425	Nº40	7.9	69.4		
0.075	Nº200	18.3	29.0		
	P. Nº200	7.5	29		
	TOTAL	25.8			

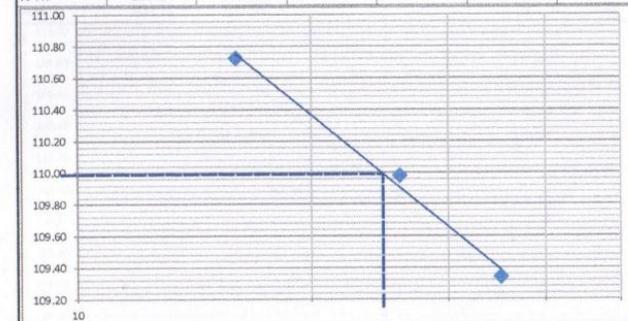


Clasificación AAHSTO
Material granular Excelente a bueno como subgrado A-2-7 Grava y arena arcillosa o limosa
Valor del índice de grupo (IG): 3

Clasificación (S.U.C.S.)
Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos Arena limosa SM

GRAVA	0.0
ARENA	71.0
FINOS	29.0

Nº Golpes	Limite Liquido			Limite Plastico	
	35	26	16		
Nº Tarro	6	54	2	47	8
P. H	25.15	28.81	29.25	17.02	17.75
P. S	15.55	17.24	17.48	12.55	12.99
Peso T.	6.77	6.72	6.85	6.71	6.84
P. Agua	9.6	11.57	11.77	4.47	4.76
P. Suelo S.	8.78	10.52	10.63	5.84	6.15
% H.	109.34	109.98	110.72	76.54	77.40



Humedad Natural	156.25
Límite Líquido	110.00
Límite Plástico	76.97
Índice de Plasticidad	33.03

Sr. Carlos Ormaza
Laboratorista

Ing. Alfredo Mucarsel
Geotécnico

Anexo 31: Ensayo de clasificación pozo 1 de 2 – 2,5m



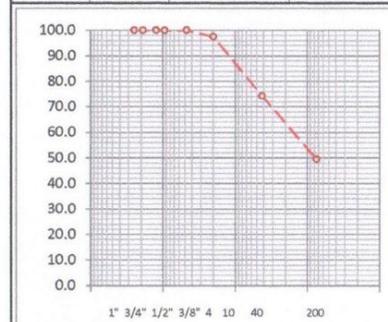
ENSAYOS DE CLASIFICACION

Proyecto: Centro de salud Sevilla Don Bosco
 Solicita:
 Ubicación: Macas

Fecha Recep : 13/12/2017
 Pozo Nº. 1
 Profundidad: 3.0 - 3.5
 Fecha Ensayo : 20/12/2017
 ASTM D 4318-00

Norma: ASTM 136-04

ANALISIS MECANICO						
TAMIZ	ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	HUMEDAD NATURAL		
25.0	1	0	100.0	Peso H.	156.87	
19.0	3/4	0	100.0	Peso S.	115.63	
12.5	1/2	0	100.0	Peso T.	64.11	
9.5	3/8	0	100.0	Peso M.	51.5	
4.75	Nº4	0.0	100.0	Peso A.	41.2	
2.00	Nº10	1.3	97.5	% H.	80.05	
0.425	Nº40	13.2	26			
0.075	Nº200	26.0	50			
	P. Nº200	25.5	50			
	TOTAL	51.5				

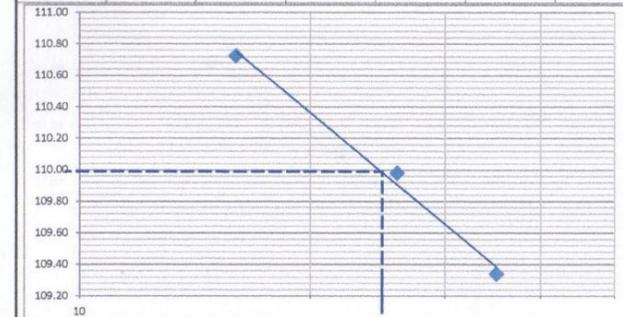


Clasificación AAHSTO
 Material limoso-arenoso Pobre a malo
 como subgrado A-7-5 Suelo arcilloso
 Valor del índice de grupo (IG): 16

Clasificación (S.U.C.S.)
 Suelo de partículas gruesas. Suelo de
 partículas gruesas con finos Arena
 limosa SM

GRAVA	0.0
ARENA	50.5
FINOS	49.5

	Limite Liquido			Limite Plastico	
Nº Golpes	35	26	16		
Nº Tarro	6	54	2	47	8
P. H	25.15	28.81	29.25	17.02	17.75
P. S	15.55	17.24	17.48	12.55	12.99
Peso T.	6.77	6.72	6.85	6.71	6.84
P. Agua	9.6	11.57	11.77	4.47	4.76
P. Suelo S.	8.78	10.52	10.63	5.84	6.15
% H.	109.34	109.98	110.72	76.54	77.40



Humedad Natural	80.05
Limite Liquido	110.00
Limite Plastico	76.97
Indice de Plasticidad	33.03

Sr. Carlos Ormaza
 Laboratorista

Ing. Alfredo Mucarsel
 Geotécnico

Anexo 32: Ensayo de clasificación pozo 1 de 3 – 3,5m



ENSAYOS DE CLASIFICACION

Proyecto: Centro de salud Sevilla Don Bosco
 Solicita:
 Ubicación: Macas

Fecha Recep : 13/12/2017
 Pozo N°. 1
 Profundidad: 4.0 - 4.5
 Fecha Ensayo : 20/12/2017
 ASTM D 4318-00

Norma: ASTM 136-04

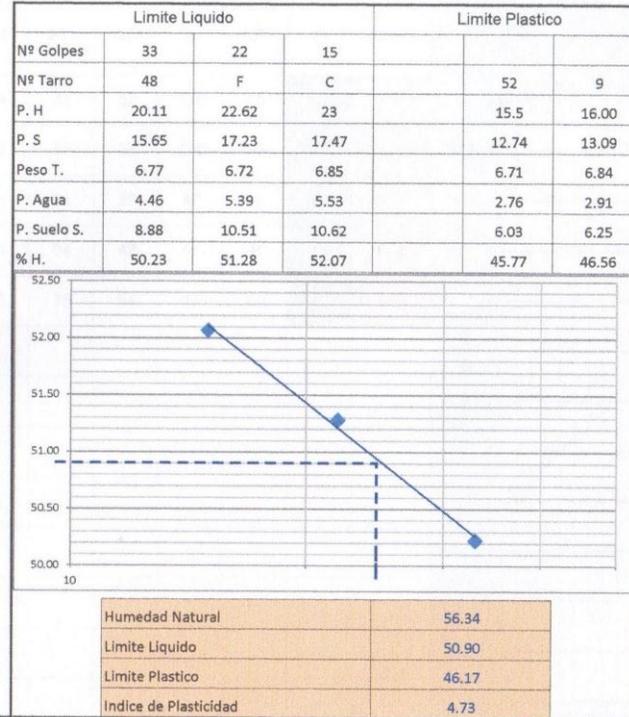
ANALISIS MECANICO					
TAMIZ	ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	HUMEDAD NATURAL	
25.0	1	0	100.0	Peso H.	155.22
19.0	3/4	0	100.0	Peso S.	120.14
12.5	1/2	0	100.0	Peso T.	57.88
9.5	3/8	0	100.0	Peso M.	62.3
4.75	Nº4	0.0	100.0	Peso A.	35.1
2.00	Nº10	1.3	97.9	% H.	56.34
0.425	Nº40	10.9	82.5		
0.075	Nº200	28.9	46		
	P. Nº200	33.4	54		
	TOTAL	62.3			

Clasificación AAHSTO
 Material limoso-arenoso Pobre a malo
 como subgrado A-5 Suelo limoso
 Valor del índice de grupo (IG): 3

Clasificación (S.U.C.S.)
 Suelo de partículas finas. Limo alta
 plasticidad arenoso MH

GRAVA	0.0
ARENA	46.4
FINOS	53.6

Humedad Natural	56.34
Limite Liquido	50.90
Limite Plastico	46.17
Indice de Plasticidad	4.73



Sr. Carlos Ormaza
 Laboratorista

Ing. Alfredo Mucarsel
 Geotécnico

Anexo 33: Ensayo de clasificación pozo 1 de 4 – 4,5m



ENSAYOS DE CLASIFICACION

Proyecto: Centro de salud Sevilla Don Bosco
 Solicita: Macas
 Ubicación: Macas

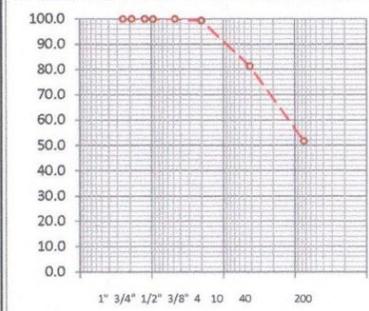
Fecha Recep.: 13/12/2017
 Pozo Nº. 2
 Profundidad: 0,0 - 0,5
 Fecha Ensayo: 20/12/2017

Norma: ASTM 136-04

ASTM D 4318-00

ANALISIS MECANICO				
TAMIZ	ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	HUMEDAD NATURAL
25.0	1	0	100.0	Peso H. 120.00
19.0	3/4	0	100.0	Peso S. 90.62
12.5	1/2	0	100.0	Peso T. 62.31
9.5	3/8	0	100.0	Peso M. 28.3
4.75	Nº4	0.0	100.0	Peso A. 29.4
2.00	Nº10	0.2	99.3	% H. 103.78
0.425	Nº40	5.3	81.3	
0.075	Nº200	13.7	51.6	
	P. Nº200	14.6	52	
	TOTAL	28.3		

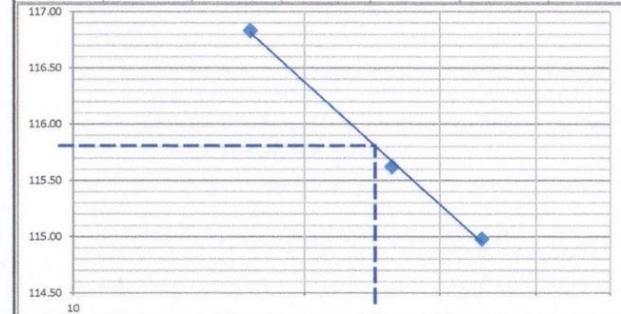
	Limite Liquido			Limite Plastico	
Nº Golpes	34	26	17		
Nº Tarro	5	50	42	1	3
P. H	27.15	27.98	28.75	17.92	18.55
P. S	16.25	16.58	16.95	12.75	13.14
Peso T.	6.77	6.72	6.85	6.71	6.84
P. Agua	10.9	11.4	11.80	5.17	5.41
P. Suelo S.	9.48	9.86	10.10	6.04	6.30
% H.	114.98	115.62	116.83	85.60	85.87



Clasificación AASHTO
 Material limoso-arenoso Pobre a malo como subgrado A-7-5 Suelo arcilloso
 Valor del índice de grupo (IG): 17

Clasificación (S.U.C.S.)
 Suelo de partículas finas. Limo alta plasticidad arenoso MH

GRAVA	0.0
ARENA	48.4
FINOS	51.6



Humedad Natural	103.78
Limite Liquido	115.80
Limite Plastico	85.73
Indice de Plasticidad	30.07

Sr. Carlos Ormaza
 Laboratorista

Ing. Alfredo Mucarsel
 Geotécnico

Anexo 35: Ensayo de clasificación pozo 2 de 0 – 0,5m



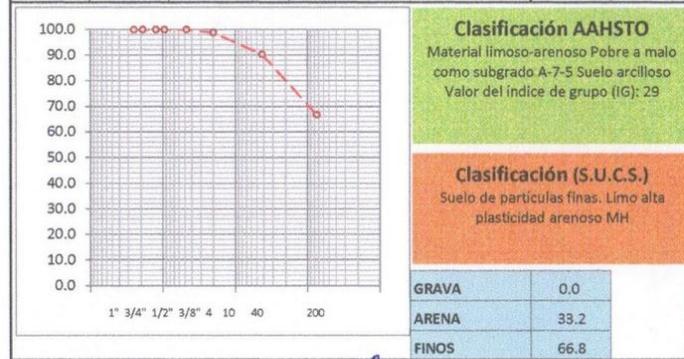
ENSAYOS DE CLASIFICACION

Proyecto: Centro de salud Sevilla Don Bosco
Solicita:
Ubicación: Macas

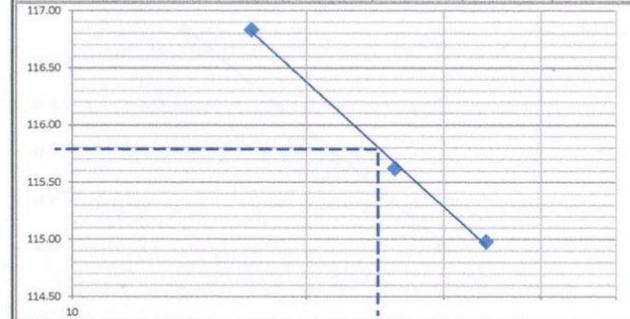
Fecha Recep. : 13/12/2017
Pozo Nº. 2
Fprofundidad: 1.0 - 1.5
Fecha Ensayo : 20/12/2017
ASTM D 4318-00

Norma: ASTM 136-04

ANALISIS MECANICO					
TAMIZ	ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	HUMEDAD NATURAL	
25.0	1	0	100.0	Peso H.	163.46
19.0	3/4	0	100.0	Peso S.	127.18
12.5	1/2	0	100.0	Peso T.	80.85
9.5	3/8	0	100.0	Peso M.	46.3
4.75	Nº4	0.0	100.0	Peso A.	36.3
2.00	Nº10	0.5	98.9	% H.	78.31
0.425	Nº40	4.5	90.3		
0.075	Nº200	15.4	66.8		
	P. Nº200	30.9	67		
	TOTAL	46.3			



	Limite Liquido			Limite Plastico	
Nº Golpes	34	26	17		
Nº Tarro	5	50	42	1	3
P. H	27.15	27.98	28.75	17.92	18.55
P. S	16.25	16.58	16.95	12.75	13.14
Peso T.	6.77	6.72	6.85	6.71	6.84
P. Agua	10.9	11.4	11.80	5.17	5.41
P. Suelo S.	9.48	9.86	10.10	6.04	6.30
% H.	114.98	115.62	116.83	85.60	85.87



Humedad Natural	78.31
Limite Liquido	115.80
Limite Plastico	85.73
Índice de Plasticidad	30.07

Sr. Carlos Ormaza
 Laboratorista

Ing. Alfredo Mucarsel
 Geotécnico

Anexo 36: Ensayo de clasificación pozo 2 de 1 – 1,5m



ENSAYOS DE CLASIFICACION

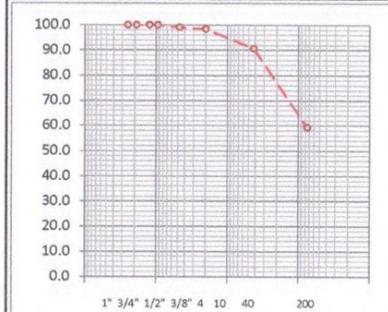
Proyecto: Centro de salud Sevilla Don Bosco
 Solicita:
 Ubicación: Macas

Fecha Recep.: 13/12/2017
 Pozo N°. 2
 Profundidad: 2.0 - 2.5
 Fecha Ensayo: 20/12/2017

Norma: ASTM 136-04

ASTM D 4318-00

ANALISIS MECANICO						
TAMIZ	ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	HUMEDAD NATURAL		
25.0	1	0	100.0	Peso H.	159.7	
19.0	3/4	0	100.0	Peso S.	126.43	
12.5	1/2	0	100.0	Peso T.	80.05	
9.5	3/8	0	100.0	Peso M.	46.4	
4.75	Nº4	0.4	99.1	Peso A.	33.3	
2.00	Nº10	0.7	98.5	% H.	71.73	
0.425	Nº40	4.3	90.7			
0.075	Nº200	18.9	59.2			
	P. Nº200	27.5	59			
	TOTAL	46.4				

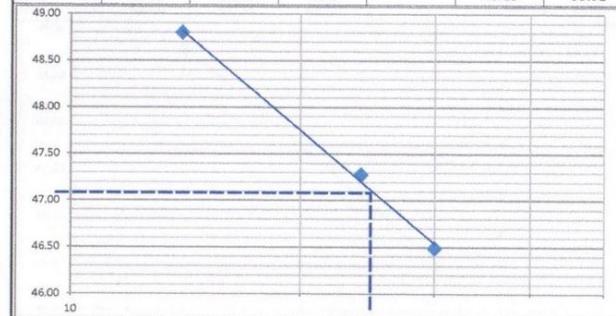


Clasificación AAHSTO
 Material limoso-arenoso Pobre a malo
 como subgrado A-5 Suelo limoso
 Valor del índice de grupo (IG): 4

Clasificación (S.U.C.S.)
 Suelo de partículas finas. Limo baja
 plasticidad arenoso ML

GRAVA	0.9
ARENA	39.9
FINOS	59.2

	Limite Liquido			Limite Plastico	
	14	24	30		
Nº Golpes	14	24	30		
Nº Tarro	8	9	43	44	47
P. H	25.94	24.97	24.65	39.80	40.25
P. S	19.65	19.15	18.96	37.15	37.44
Peso T.	6.76	6.84	6.72	30.55	30.4
P. Agua	6.29	5.82	5.69	2.65	2.81
P. Suelo S.	12.89	12.31	12.24	6.60	7.04
% H.	48.80	47.28	46.49	40.15	39.91



Humedad Natural	71.73
Límite Líquido	47.10
Límite Plástico	40.03
Índice de Plasticidad	7.07

Sr. Carlos Ormaza
 Laboratorista

Ing. Alfredo Mucarsel
 Geotécnico

Anexo 37: Ensayo de clasificación pozo 2 de 2 – 2,5m



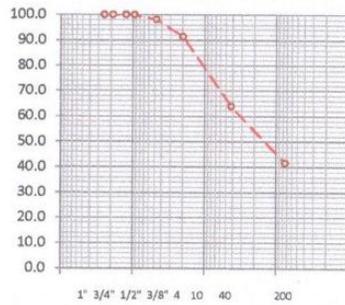
ENSAYOS DE CLASIFICACION

Proyecto: Centro de salud Sevilla Don Bosco
 Solicita:
 Ubicación: Macas

Fecha Recep.: 13/12/2017
 Pozo Nº: 2
 Profundidad: 3.0 - 3.5
 Fecha Ensayo: 20/12/2017
 ASTM D 4318-00

Norma: ASTM 136-04

ANALISIS MECANICO					
TAMIZ	ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	HUMEDAD NATURAL	
25.0	1	0	100.0	Peso H.	237.61
19.0	3/4	0	100.0	Peso S.	185.09
12.5	1/2	0	100.0	Peso T.	80.7
9.5	3/8	0	100.0	Peso M.	104.4
4.75	Nº4	1.9	98.2	Peso A.	52.5
2.00	Nº10	9.0	91.4	% H.	50.31
0.425	Nº40	37.7	63.9		
0.075	Nº200	60.9	41.7		
	P. Nº200	43.5	42		
	TOTAL	104.4			

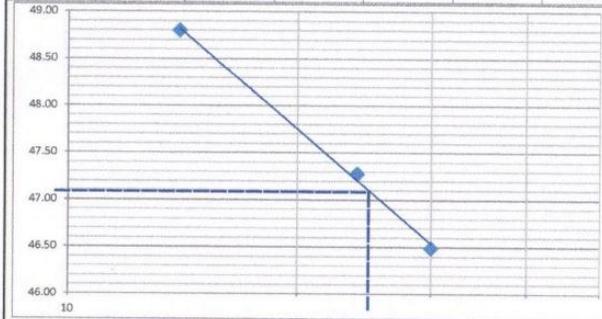


Clasificación AAHSTO
 Material limoso-arenoso. Pobre a malo como subgrado A-5. Suelo limoso. Valor del índice de grupo (IG): 1

Clasificación (S.U.C.S.)
 Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos Arena limosa SM

GRAVA	1.8
ARENA	56.5
FINOS	41.7

	Limite Liquido			Limite Plastico	
Nº Golpes	14	24	30		
Nº Tarro	8	9	43	44	47
P. H	25.94	24.97	24.65	39.80	40.25
P. S	19.65	19.15	18.96	37.15	37.44
Peso T.	6.76	6.84	6.72	30.55	30.4
P. Agua	6.29	5.82	5.69	2.65	2.81
P. Suelo S.	12.89	12.31	12.24	6.60	7.04
% H.	48.80	47.28	46.49	40.15	39.91



Humedad Natural	50.31
Limite Liquido	47.10
Limite Plastico	40.03
Indice de Plasticidad	7.07

Sr. Carlos Ormaza
 Laboratorista

Ing. Alfredo Mucarsel
 Geotécnico

Anexo 38: Ensayo de clasificación pozo 2 de 3 – 3,5m



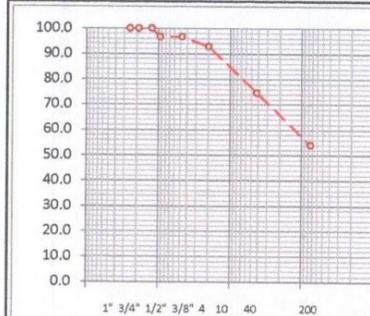
ENSAYOS DE CLASIFICACION

Proyecto: Centro de salud Sevilla Don Bosco
Solicita:
Ubicación: Macas

Fecha Recep.: 13/12/2017
Pozo N°. 2
Profundidad: 4.0 - 4.5
Fecha Ensayo: 20/12/2017
ASTM D 4318-00

Norma: ASTM 136-04

ANALISIS MECANICO						
TAMIZ		ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	HUMEDAD NATURAL	
25.0	1		0	100.0	Peso H.	155.26
19.0	3/4		0	100.0	Peso S.	132.66
12.5	1/2		0	100.0	Peso T.	81.45
9.5	3/8	1.7	3	96.7	Peso M.	51.2
4.75	Nº4	1.7	3	96.7	Peso A.	22.6
2.00	Nº10	3.6	7	93.0	% H.	44.13
0.425	Nº40	12.9	25	74.8		
0.075	Nº200	23.5	46	54.1		
	P. Nº200	27.7	54			
	TOTAL	51.2				

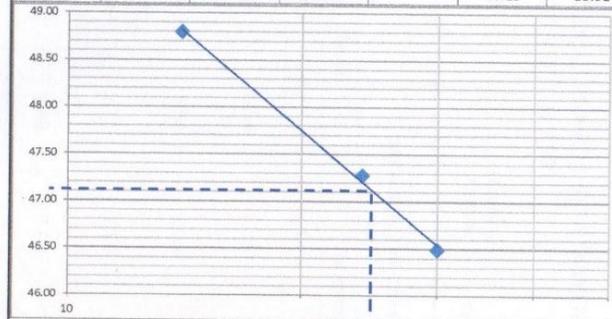


Clasificación AAHSTO
Material limoso-arenoso Pobre a malo
como subgrado A-5 Suelo limoso
Valor del índice de grupo (IG): 3

Clasificación (S.U.C.S.)
Suelo de partículas finas. Limo baja
plasticidad arenoso ML

GRAVA	3.3
ARENA	42.6
FINOS	54.1

Nº Golpes	Limite Liquido			Limite Plastico	
	14	24	30		
Nº Tarro	8	9	43	44	47
P. H	25.94	24.97	24.65	39.80	40.25
P. S	19.65	19.15	18.96	37.15	37.44
Peso T.	6.76	6.84	6.72	30.55	30.4
P. Agua	6.29	5.82	5.69	2.65	2.81
P. Suelo S.	12.89	12.31	12.24	6.60	7.04
% H.	48.80	47.28	46.49	40.15	39.91

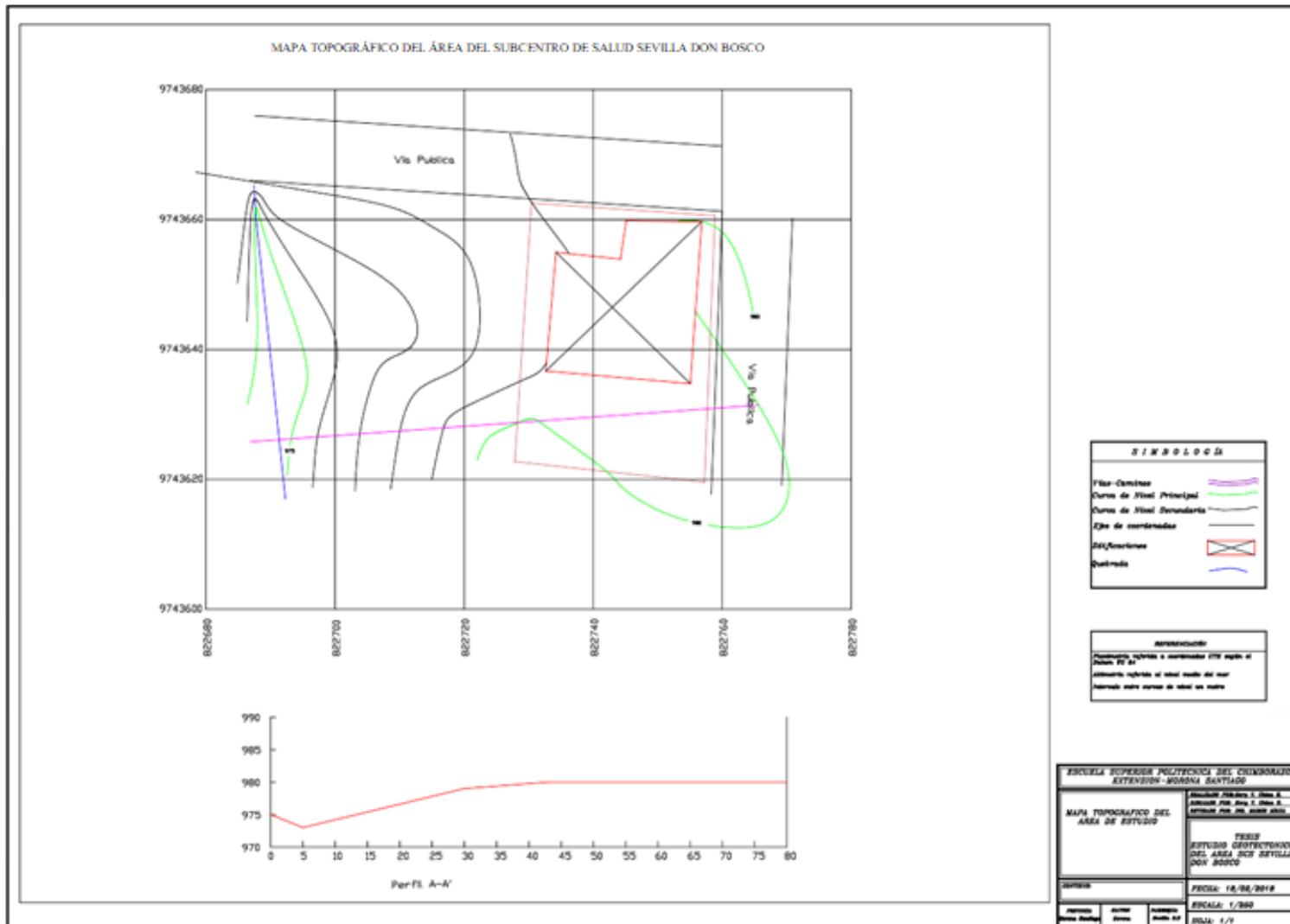


Humedad Natural	44.13
Límite Líquido	47.10
Límite Plástico	40.03
Índice de Plasticidad	7.07

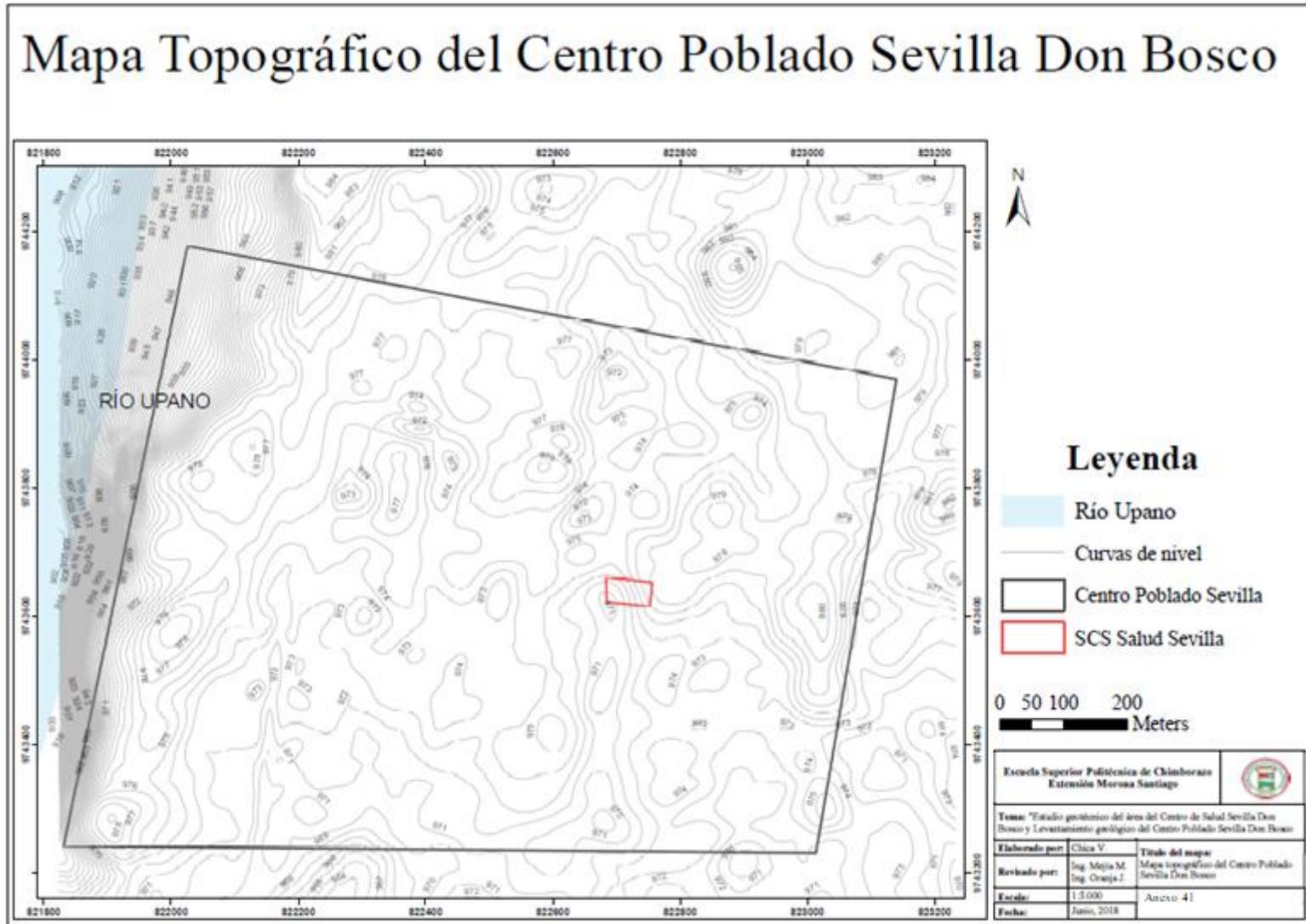
Sr. Carlos Ormaza
Laboratorista

Ing. Alfredo Mucarsel
Geotécnico

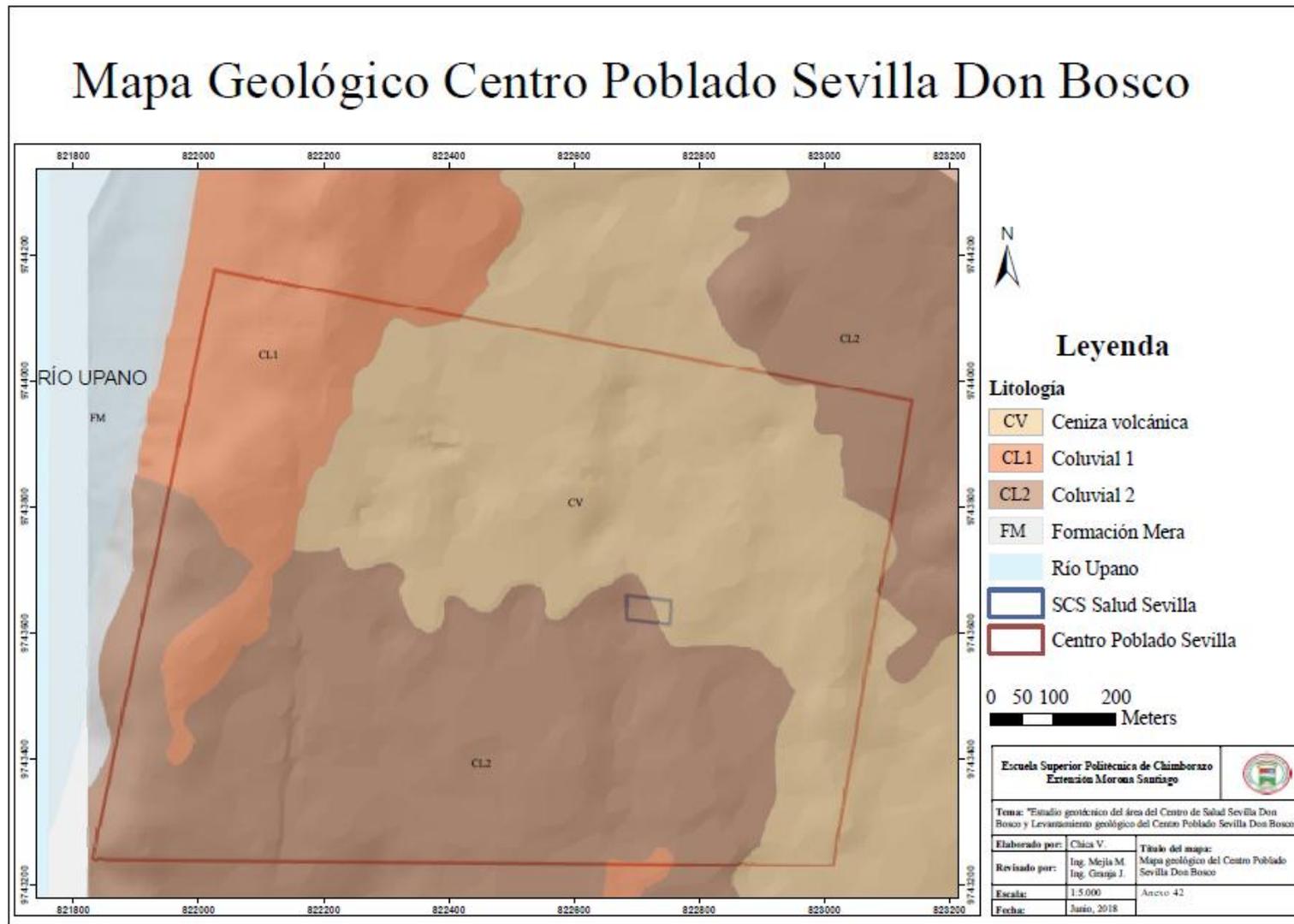
Anexo 39: Ensayo de clasificación pozo 2 de 4 - 4,5



Anexo 40: Mapa Topográfico del área del Subcentro de Salud Sevilla Don Bosco.



Anexo 41: Mapa Topográfico del Centro Poblado Sevilla Don Bosco.



Anexo 42: Mapa Geológico Local del Centro Poblado Sevilla Don Bosco.