



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

ESTUDIO GEOLÓGICO Y ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL CENTRO
DE SALUD INNFA 24HD

TRABAJO DE TITULACIÓN
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA TITULACIÓN DE GRADO

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE INGENIERA EN GEOLÓGIA Y MINAS

CÓRDOVA CARREÑO MAYRA CECIBEL

RIOBAMBA- ECUADOR

2018



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO

INFORME DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Macas, 23 de mayo del 2018

Ing. Romané Peñafiel Mgs.
Directora de la ESPOCH Extensión Morona Santiago

Su despacho

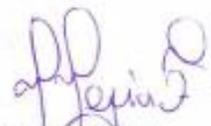
De mi consideración

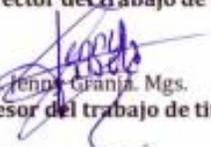
Reciba un cordial y atento saludo, a la vez deseándole éxito en las funciones que desempeña; en respuesta a los **Oficios No. 494- D-ESPOCH-EXT-MS-2018** emitidos el 15 de mayo de 2018 con respecto al borrador del trabajo de Titulación denominado "**ESTUDIO GEOLÓGICO Y ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL CENTRO DE SALUD INNFA 24HD**" desarrollado por la señorita egresada **MAYRA CECIBEL CÓRDOVA CARREÑO**; una vez realizada la revisión remitimos los siguientes criterios:

- 1.- El trabajo escrito se encuentra de **afin** a la investigación propuesta, **apegado** a los parámetros de redacción técnica.
- 2.- El trabajo escrito refleja el **100%** de la **investigación desarrollada**, complementada con el **seguimiento** técnico continuo.
- 3.- Con la presentación del documento escrito da por culminado el proceso del trabajo investigación encontrándose **habilitado** para realizar la solicitud de defensa pública del mismo y la continuación de los trámites pertinentes subsiguientes.

Si más que adicionar y agradeciendo su gentil atención nos suscribimos.

Atentamente


 Ing. Marco Mejía, Mgs.
Director del trabajo de titulación


 Ing. Jenny Granja, Mgs.
Asesor del trabajo de titulación

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, **Mayra Cecibel Córdova Carreño** declaro que el presente trabajo de titulación es de mi propiedad intelectual y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos y la documentación proveniente de fuentes ajenas se encuentran debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos del presente trabajo de titulación.

Macas, 2018



Mayra Córdova

C.I. 140097504-9

DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio, por su infinito amor y bondad.

A mis padres, quienes han sido un pilar fundamental en todo lo que soy, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por sus palabras de aliento y motivación en los momentos difíciles.

A mi hijo, por ser la personita que me inspira seguir adelante, a ser una mejor persona y a vencer todos los obstáculos que se me presenten en la vida.

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas que han contribuido durante todo el proceso de este trabajo de titulación. En primer lugar quiero agradecer a mi director de tesis, el ingeniero Marco Mejía por toda la ayuda brindada durante la realización del presente trabajo, por sus consejos y el tiempo dedicado para la culminación del mismo.

A mi asesora, la ingeniera Jenny Granja, por su apoyo, sus ideas y la atención que prestó para la finalización de este trabajo de titulación.

A la Universidad, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, por haber permitido que fuera parte de ella, gracias por la oportunidad de formarme como profesional en la carrera de Ingeniería en Geología y Minas. Así como también a cada uno de los docentes que brindaron su conocimiento científico y su apoyo para seguir adelante.

Al Consejo Provincial de Morona Santiago por brindarme su apoyo al permitir el uso del laboratorio de suelos.

A mis padres, Manuel Córdova y Ana Carreño por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, por el apoyo y amor infinito, amor que me dio la confianza de seguir hacia adelante sin titubear, gracias por ayudarme a enfrentar las metas planteadas hasta así cumplirlas, muchos de mis logros se los debo ustedes de entre los cuales esta esté, los amo.

A mi esposo Raúl López por su sacrificio y esfuerzo, por creer en mí y en mi capacidad, aunque hemos pasado situaciones difíciles siempre ha estado ahí con una voz de aliento motivándome a continuar hacia adelante.

Gracias a todas aquellas personas que, directa o indirectamente contribuyeron para que esta meta se cumpla.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
CONTENIDO.....	v
INDICE DE TABLAS.....	vii
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	viii
INDICE DE ANEXOS.....	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
1 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
1.4.2 Objetivos específicos	3
1.5 Planteamiento de la hipótesis	3
1.6 Generalidades.....	4
1.6.1 Ubicación	4
1.6.2 Accesibilidad.....	5
1.6.3 Clima.....	6
1.6.4 Flora y Fauna.....	7
CAPITULO II	8
2 MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Geología Regional.....	8
2.1.1 Formaciones Geológicas	9

2.2	Topografía.....	10
2.3	Geotecnia	11
2.3.1	Descripción y clasificación de suelos.....	11
2.4.1.1	Origen y formación de los suelos	11
2.4.1.2	Identificación de los suelos	12
	Distribución Granulométrica	13
	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.	15
	Sistema de Clasificación AASHTO	17
2.4.1.2.2	Consistencia del suelo	18
	Límite líquido (LL)	19
	Límite plástico (PL).....	20
	Obtención de muestras de suelos.....	20
2.4	Sismicidad.....	23
CAPÍTULO III.....		24
3	DISEÑO Y EXPERIMENTACIÓN	24
3.1	Metodología	24
3.1.1	Levantamiento Topográfico	24
3.1.2	Levantamiento Geológico	24
3.1.3	Geología Local.....	26
3.1.4	Características morfológicas	26
3.1.5	Características hidrogeológicas.....	27
3.1.6	Características geotécnicas.....	27
	Humedad natural	27
	Ensayos granulométricos.....	28
	Límites de Atterberg.....	29
	Ensayo de gravedad específica.....	31
	Ensayos SPT	32

3.2	Sismicidad.....	34
CAPITULO IV		37
4	Análisis e Interpretación de Resultados	37
4.1	Resultados de los ensayos de laboratorio de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos.....	37
4.1.1	Ensayos granulométricos, humedades, límites y clasificación del suelo.....	37
4.1.2	Determinación de la capacidad de carga admisible.....	42
4.2	Análisis de sismicidad.....	43
CAPITULO V.....		45
5	Conclusiones y recomendaciones	45
5.1	Conclusiones	45
5.2	Recomendaciones.....	46
5.3	Resumen.....	47
5.4	Abstract	48
5.5	Bibliografía	49
5.6	ANEXOS	51

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	<i>Números de tamices y sus aberturas de mallas</i>	13
Tabla 2-1	<i>Límites de tamaño recomendados para los sistemas SUCS y AASHTO.....</i>	14
Tabla 3-2	<i>Símbolos del grupo SUCS.....</i>	15
Tabla 4-2	<i>Clasificación granulométrica de los suelos.....</i>	16
Tabla 5-2	<i>Características de los suelos según SUCS</i>	16
Tabla 6-2	<i>Sistema de clasificación AASHTO.....</i>	17
Tabla 7-3	<i>Registro geológico de calicatas</i>	25

Tabla 8 Cuadro de resultados empleados para los ensayos de laboratorio: resultados de la muestra 01 de la calicata 01 (CIMI).	38
Tabla 9-4 Resultados de tipos de suelos de muestras de calicatas y perfilados.	39
Tabla 10-4 Resultados de ensayos de laboratorio: Gravedad específica de la masa y porcentaje de absorción.....	39
Tabla 11-4 Resultados del SPT: Clasificación de los suelos según SUCS y la NEC.	41
Tabla 12-4 Capacidad de cargar en función de N, SPT – 1.	42
Tabla 13-4 Capacidad de cargar en función de N, SPT – 2.	43

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1-1 Ubicación del área de estudio	4
Figura 2-1 Mapa de acceso a la zona de estudio	5
Figura 3-1 Valores mensuales de temperatura	6
Figura 4-1 Valores mensuales de precipitación.....	7
Figura 5-1 Valores mensuales de humedad.....	7
Figura 6-2 Mapa Regional de Macas.....	8
Figura 7-2 Sistemas de clasificación de suelos.	14
Figura 8-2 Curva granulométrica de los suelos.	15
Figura 9-2 Límites de Atterberg.	19
Figura 10-2 Mecanismo de golpeo para el SPT	22
Figura 11-3 Ubicación de la estación total marca Sokkia.	24
Figura 12-3 Ubicación de calicatas (C) y perfilados (P).	25
Figura 13-3 Forma del valle tipo fluvial.....	27
Figura 14-3 Ensayo granulométrico: a.- Lavado de la muestra para eliminar el material fino. b.- proceso de tamizado.....	28
Figura 15-3 Ensayo de límite líquido: a.- Dispositivo de L.L., cuchara de Casagrande. b.- colocación de la porción de muestra.	29
Figura 16-3 Ensayo de Límite plástico: a y b muestran la forma de ejecución del ensayo.....	30
Figura 17-3 Ensayo de gravedad específica: a.- Muestra de suelo saturado. b.- Peso igual a 500gr de muestra secada al natural. c.- Muestra colocada en el picnómetro. d.- Picnómetro + muestra + agua, libre de burbujas de aire.	32

<i>Figura 18-3</i> Ubicación de los sondeos SPT.....	33
<i>Figura 19-3</i> Ensayo de SPT: <i>a.</i> - colocación del equipo SPT. <i>b.</i> - Muestra recuperada con el toma muestras. <i>c.</i> - Muestra colocada en una funda con su respectiva identificación.	34
<i>Figura 20-4</i> Columna estratigráfica de los sondeos SPT. Correlación estratigráfica.	41
<i>Figura 21-4</i> Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z.....	44

INDICE DE ANEXOS

Anexo A. Fotografías de trabajos realizados en el campo: Levantamiento topográfico, elaboración de calicatas y toma de muestras.	51
Anexo B. Tablas con los registros geológicos de campo.	53
Anexo C. Fotografías de los trabajos realizados en el laboratorio.	57
Anexo D. Fotografías de la realización de los ensayos SPT.	59
Anexo E. Tablas con los resultados de los ensayos de muestras tomadas en calicatas y perfilados.	61
Anexo F. Tablas de los resultados de los ensayos de clasificación de suelos de las muestras tomadas con el equipo SPT.	70
Anexo G. Mapa Topográfico de la Zona de estudio.	86

INTRODUCCIÓN

El centro de salud INNFA 24HD tiene aproximadamente 42 años de construcción, viene funcionando desde 1976 como Hospital Básico y a partir del 2003 pasa a ser el Centro de salud INNFA 24HD, brinda los servicios de medicina general, odontología, obstetricia, psicología, trabajo social, laboratorio de malaria, laboratorio clínico y farmacia. El establecimiento se encuentra asentado en un terreno de aproximadamente 5400 m² al borde de un talud, con una superficie de construcción de unos 3000m². Para la ampliación de la infraestructura del centro de salud se requiere un estudio geotécnico del área de influencia en el cual se debe realizar actividades que comprenden el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de las estructuras, que preserve la vida humana, así como también evite la afectación o daño a construcciones vecinas.

CAPÍTULO I

1 MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

El área de estudio pertenece al centro de salud INNFA 24HD, lugar en donde hace aproximadamente 40 años se ha construido una infraestructura destinada a la atención médica a moradores de la parroquia Macas sin antes realizar los estudios pertinentes del suelo.

1.2 Planteamiento del problema

La falta de estudios en las diferentes zonas destinadas a la construcción trae consigo problemas que se presentan posteriormente, razón por la cual se requiere obtener un estudio geotécnico del suelo del terreno perteneciente al centro de salud INNFA 24HD.

1.3 Justificación

El trabajo de investigación que se propone a continuación está localizado en la parroquia Macas, perteneciente al Cantón Morona. El área dentro de la cual se llevará a cabo el estudio pertenece al centro de salud INNFA 24HD, lugar donde atienden a 12.000 habitantes aproximadamente de los barrios del centro al sur de la parroquia y considerando que el centro de salud INNFA 24HD es tipo B, el distrito de salud Morona plantea la fusión con el centro de salud Luxemburgo lo que incrementaría la demanda de infraestructura para atender a 9000 habitantes más pertenecientes a los barrios del centro al norte, por lo que se requiere conocer el estado actual del subsuelo para garantizar la seguridad de la infraestructura, pacientes y personal médico de la institución.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Realizar el estudio Geológico y geotécnico del predio y zona de influencia del centro de Salud INNFA 24HD y realizar recomendaciones técnicas.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento geológico.
- Realizar el levantamiento geotécnico.
- Realizar la caracterización geotécnica y análisis de laboratorio de suelos.
- Ejecutar ensayos de penetración estándar (SPT) y registros estratigráficos en calicatas.
- Realizar el análisis de sismicidad local.
- Interpretar los resultados geotécnicos obtenidos, generar conclusiones y recomendaciones.

1.5 Planteamiento de la hipótesis

El estudio y caracterización de índole geológica y geotécnica del predio y su zona de influencia del centro de salud permitirá establecer las propiedades y características geotécnicas del suelo para construcción de obras civiles.

1.6 Generalidades

1.6.1 Ubicación

El área de estudio se localiza al sur este de la Cordillera Real del Ecuador, dentro de la Zona Sub Andina, en la Parroquia Macas, Cantón Morona, Provincia de Morona Santiago; el predio pertenece al Centro de Salud INNFA 24 HD ubicado a dos cuadras de las oficinas del SRI.

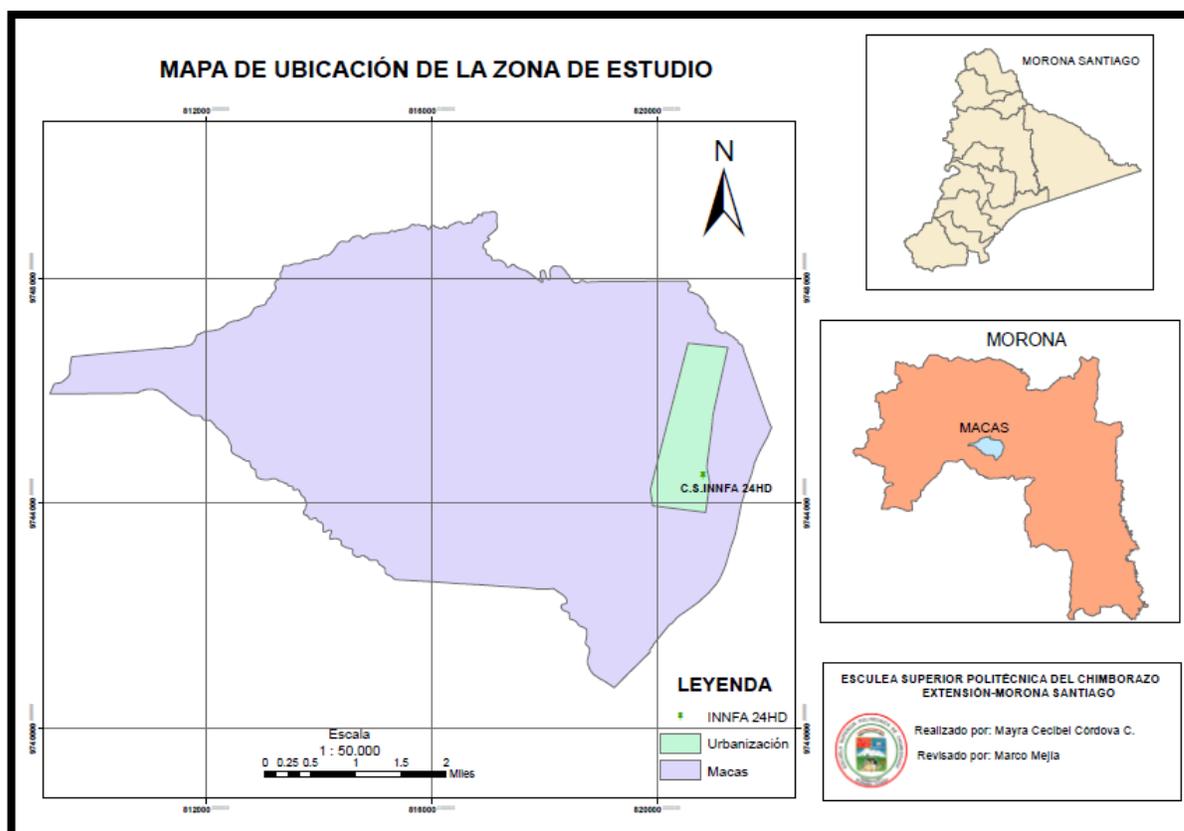


Figura 1-1 Ubicación del área de estudio

Elaborado por: Córdova, M. 2018.

1.6.2 Accesibilidad

Para acceder a la zona de estudio se lo puede hacer desde diferentes lugares: por la vía Puyo – Macas, Riobamba – Macas, y desde la vía Sucúa – Macas. El lugar se encuentra dentro de la zona urbana de la ciudad de Macas en la calle Gavino Rivadeneira a dos cuadras de las oficinas del SRI.



Figura 2-1 Mapa de acceso a la zona de estudio
Elaborado por: Córdova, M. 2018.

1.6.3 Clima

La caracterización climática de una zona se basa en el conocimiento de las características de los siguientes parámetros: temperatura, precipitación y humedad relativa.

La información de estos parámetros climatológicos se ha obtenido del “ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO INTERCEPTORES Y UNIDADES DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE MACAS”, donde indican que para determinar estos parámetros se ha obtenido información del Instituto Nacional de Meteorología (INAMHI), considerando la estación meteorológica M-062 Macas Aeropuerto localizada en las coordenadas 02°17.9' S y 78°07.2' W, a una altitud de 1000 msnm.

Temperatura

Jaramillo et al. (2013), afirma que la zona en donde se encuentra el área de estudio existe una variación de temperatura entre los 18°C y 24°C.

Los valores mensuales de las temperaturas para la estación Macas Aeropuerto se encuentran representado en el siguiente gráfico:

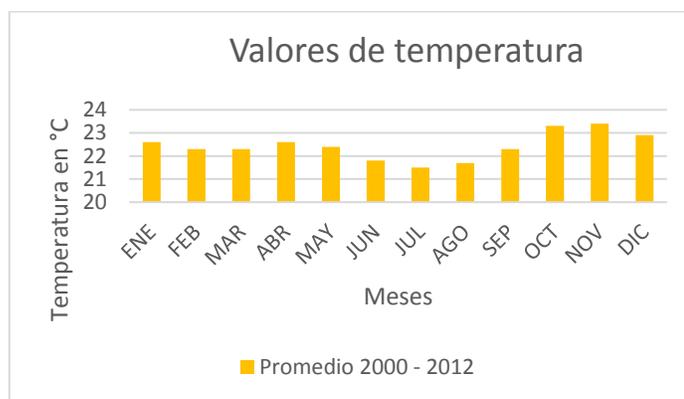


Figura 3-1 Valores mensuales de temperatura

Pluviosidad

La región en donde se localiza el proyecto se caracteriza por presentar sus máximos meses lluviosos en el periodo comprendido entre marzo y julio, una baja relativa entre septiembre y diciembre; sin embargo existe una distribución regular de lluvias a lo largo del año. (Jaramillo et al., 2013). Los valores de precipitación se representan en el gráfico siguiente:

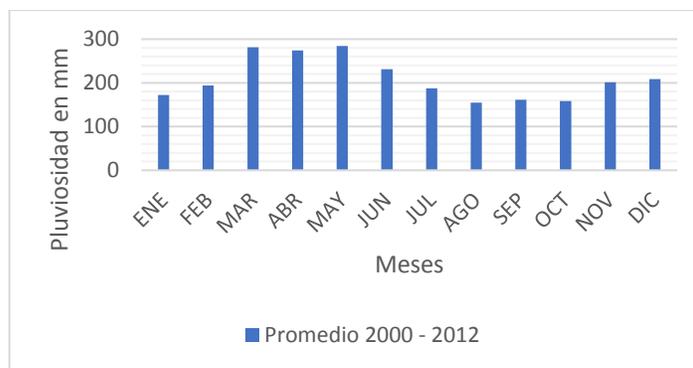


Figura 4-1 Valores mensuales de precipitación.

Humedad

La humedad es un parámetro importante en la formación de fenómenos meteorológicos, y tienen relación directa con la disponibilidad del agua y la cobertura vegetal; en la región se cuenta con elevados porcentajes de humedad lo que se refleja en la disponibilidad del recurso y la alta biodiversidad del sector. (Jaramillo et al, 2013).

Los valores mensuales de precipitación son representados en el siguiente gráfico:

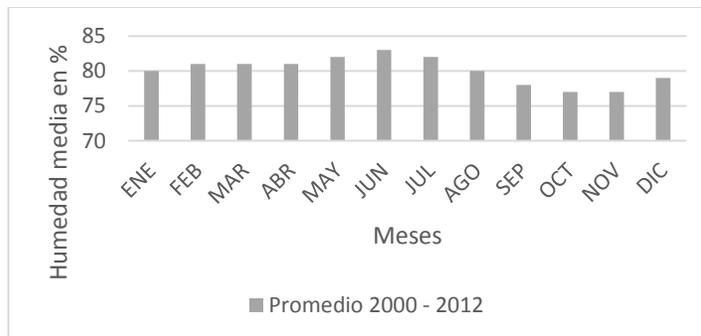


Figura 5-1 Valores mensuales de humedad

1.6.4 Flora y Fauna

De acuerdo a lo observado durante las salidas de campo en el lugar de estudio la cobertura vegetal es escasa, lo que se observó fue que una parte del área es utilizada para la agricultura específicamente para el sembrío de maíz, yuca y plátanos, en otra se presentan pequeñas plantas y escasos árboles junto a la quebrada. Debido a la ubicación, que es dentro del casco urbano las personas se encuentran limitadas a la crianza de ciertos animales con fines productivos, lo que se ha observado en el lugar la existencia eventual de especies de reptiles y anfibios.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Geología Regional

El área de estudio se ubica en la Zona Subandina del Ecuador, en las estribaciones sur orientales de la Cordillera Real. Esta zona corresponde al contacto tectónico entre los Andes orientales y la Cuenca Oriente, y está conformada por una serie de pliegues y cabalgamientos con dirección NNE y vergencia al oeste. (Guillier, 2001)

La zona subandina está estructurada por fallas inversas de orientación N-S a NNE-NNW. En donde la mayoría de esas fallas corresponden a antiguas fallas normales invertidas, que controlaron la sedimentación triásica y jurásica. (Baby, 2004)

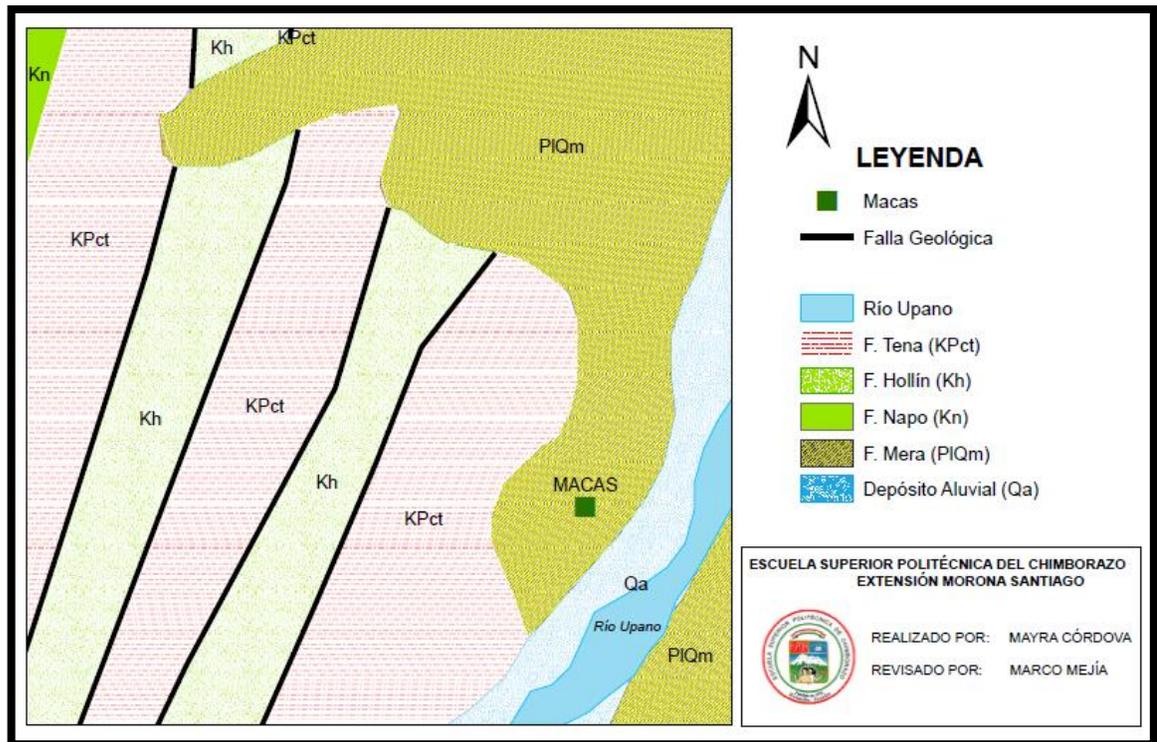


Figura 6-2 Mapa Regional de Macas

Fuente: Mapa geológico del Ecuador

Elaborado por: Córdova, M. 2018.

2.1.1 Formaciones Geológicas

Formación Hollín (K_H)

Su ocurrencia es en todas partes coextensiva, lo que cortó el levantamiento de Napo y prolongó las montañas de Cutucú (Tschopp, 1953). La formación tiene un espesor de 80 a 240 metros e incluye lutitas fracturada. Las cuarcitas de la F. Hollín afloran extensamente en la zona subandina, particularmente estando ampliamente expuestos en algunas partes del levantamiento Napo (Baldock, 1982).

Formación Napo (K_N)

(Tschopp, 1953) El Napo persiste desde la Cordillera Real hacia el este, atravesando todo el Oriente. A lo largo de la escarpadura andina, el Napo se ve considerablemente afectado por tectónica y el discontinuo afloramiento por fallas.

Consiste en una sucesión de lutitas negras, calizas grises a negras y areniscas calcáreas. La formación varía en espesores menos de 200 metros a más de 700 metros; sobreyace concordante a la hollín por todo el oriente. La Napo fue depositada en un ambiente marino en una cuenca de orientación N-S, o en un graben limitado por fallas con una plataforma muchos menos profunda hacia el Este, donde predominante es una facies más arenosa. (Baldock, 1982)

Formación Tena (K_T)

Se encuentra sobre la formación Napo y alcanza una potencia de 250 a 1000 m, comprende depósitos fluviales y lacustres y representa un proceso de regresión marina y el inicio de un ambiente continental de depositación derivado de una cordillera proto-andina. (Wilkinson, 1982)

En la zona subandina, las formaciones Napo y Tena están falladas y plegadas junto con las rocas del basamento de la Unidad Upano, formando un cinturón de rocas “semi metamórficas” denominadas anteriormente como Grupo Margajitas (Baldock, 1982).

Formación Mera (Q_M)

Esta Formación consiste en terrazas más jóvenes (topográficamente inferiores) depósitos compuestos por abanicos de pie de monte del Cuaternario areniscas tobáceas y arcillas, las que pos-datan al último periodo importante de fallamiento y levantamiento y están menos disectadas que las terrazas remanentes de la Formación Mesa (Rotuno). Hacia el este los sedimentos de las terrazas disminuyen en espesor, tamaño del grano y altitud, eventualmente gradan transicionalmente hacia el aluvión del cuaternario parcialmente retrabajado de las cuencas de drenajes actuales. (Baldock, 1982)

Valle del Upano

Baby, (2004) afirma que el río Upano es uno de los principales medios de transporte de los depósitos aluviales de la zona subandina.

El valle del Upano, en la espalda de la Cordillera de Cutucú, la Superficie Mera -Upano se desarrolló al tope de depósitos de lahares que provienen de los colapsos sucesivos del volcán Sangay, (Monzier et al., 1999). Calculamos que en el valle del Upano se depositó alrededor de 60 km' de lahares (Bes de Berc, 2003). (Baby, 2004)

2.2 Topografía

La información topográfica proporciona numerosos datos sobre la superficie física del terreno, útiles para elaborar cartas o mapas orográficos y geomorfológicos; ayuda a la interpretación de la geología estructural, etc., a través de las formas y dimensiones del relieve con base en la planimetría y altimetría. La información topográfica es básica para llevar a cabo la interpretación y el análisis de las características y rasgos generales del relieve (abrupto, medio, suave y plano). (Marín, 2010)

Levantamiento topográfico

Los levantamientos topográficos se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre. (Casanova, 2002)

En un levantamiento topográfico se toman todos los datos necesarios para realizar la representación gráfica o para la elaboración de un mapa del área de estudio, además estos mapas suelen constituir mapas base sobre los que se vuelca información geológica.

Instrumentos topográficos

Estos instrumentos, según (Casanova, 2002) han sido clasificados en:

Instrumentos simples:

Cinta métrica

Escuadras

Clisímetros

Brújulas

Miras verticales

Planímetro

Instrumentos principales:

Teodolitos

Teodolitos eléctricos

Estación total eléctrica

Estación robótica

Niveles

Distanciómetros eléctricos.

2.3 Geotecnia

La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC (2014), define al estudio geotécnico como actividades que comprenden 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.

2.3.1 Descripción y clasificación de suelos

2.4.1.1 Origen y formación de los suelos

Gonzales de Vallejo et al. (2002) Afirma que los suelos tienen su origen en los macizos rocosos preexistentes que contribuyen la roca madre, sometida a la acción ambiental disgregadora de la erosión en sus tres facetas:

FÍSICAS.- debido a cambios térmicos y a la acción del agua, estas acciones físicas tienden a romper la roca inicial ya a dividirla en fragmentos de tamaño cada vez más pequeño, que pueden ser separados de la roca por agentes activos (agua, viento, gravedad) y llevados a otros puntos en los que continua la acción erosiva. (Gonzales de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

QUÍMICAS.- originadas por fenómenos de hidratación, disolución, oxidación, cementación, etc. Esta acción, por lo tanto, tiende tanto a disgregar como a cementar, lo que quiere decir que puede ayudar a la acción física y, posteriormente, cementar los productos formados, dando unión química a las partículas pequeñas, tamaño suelo, que se forman, aunque la mayor parte de las veces contribuye más a destruir y transformar que a unir. (Gonzales de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

BIOLÓGICAS.- producidas por la acción bacteriana, introduciendo putrefacciones de materiales orgánicos y mezclando el producto con otras partículas de origen físico-químico, actuando de elemento catalizador, etc. (Gonzales de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

Todo ello da lugar a fenómenos de disgregación (alteración o meteorización) y transformación de la roca. Cuando el suelo permanece in situ sin ser transportado, se lo conoce como suelo residual, y cuando ha sufrido transporte, formando depósitos coluviales, aluviales, etc., se denomina suelo transportado (Gonzales de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002). En la naturaleza existen numerosos agentes de transporte, de los cuales pueden citarse como principales los glaciares, el viento, los ríos y corrientes de agua superficial, los mares y las fuerza de gravedad; estos factores actúan a menudo combinándose (Badillo & Rodríguez, 2010).

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

2.4.1.2 Identificación de los suelos

Con experiencia la identificación de los suelos puede hacerse a partir de algunos caracteres típicos pero resulta más exacto y apropiado determinar mediante pruebas o ensayos determinadas propiedades básicas que por su uso generalizado, permiten unificar las descripciones y clasificaciones y eliminar ambigüedades de terminología. (Rodríguez Ortiz, 2007)

Distribución Granulométrica

Para conocer la proporción de cada material que tiene un suelo se realizan análisis granulométricos, utilizando la vía seca para partículas de tamaños superiores a 0.075 mm, y la granulometría por sedimentación mediante el hidrómetro (vía húmeda) para tamaños iguales o inferiores a 0.075 mm. (Gonzales de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

Para realizar las pruebas granulométricas se puede emplear los siguientes métodos:

- Tamices calibrados
- Ensayos hidrométricos

Al principio, las muestras de suelo que se pretenden analizar son agitadas en los tamices de diversas tamaños de mallas que son apilados verticalmente, estas mallas tienen aberturas de forma cuadrada y dimensiones que varían entre 10 cm (tamiz de 4") y 0,075 mm (tamiz nro. 200). En la siguiente tabla se indican los números de tamices y sus aberturas de mallas:

Tabla 1-1
Números de tamices y sus aberturas de mallas

U.S.A		UNIDADES MÉTRICAS	
Número de tamiz	Tamaño de abertura (mm)	Número de tamiz	Tamaño de abertura (mm)
3"	101,6	100.00	100
2"	76,2	75.000	75
1"	50,8	50.000	50
¾"	25,4	25.000	25
½"	19,1	20.000	20
3/8"	12,7	15.000	15
Nro. 4	9,52	10.000	10
Nro. 10	4,76	5.000	521
Nro. 40	2	2.000	0,5
Nro. 100	0,425	1.000	0,3
Nro. 200	0,149	500	0,15
3"	0,075	300	0,075
		150	100
		75	75

Fuente: Programa de Certificación Vial Competencias Técnicas de Laboratorista en Vialidad Grado I (Segarra M., 2013)
Elaborado por: Córdova, M. 2018

Clasificación de los suelos

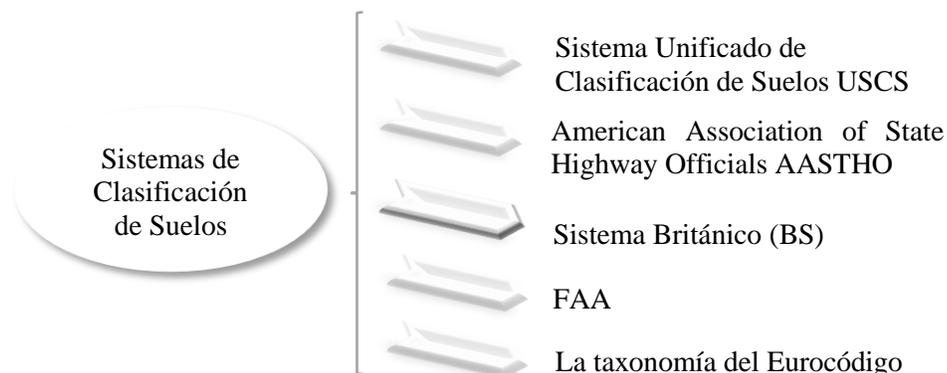


Figura 7-2 Sistemas de clasificación de suelos.

De estos sistemas los más utilizados son los dos primeros, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS y American Association of State Highway Officials AASHTO. En la siguiente tabla se indica los límites de tamaño recomendados para estos dos sistemas.

Tabla 2-1

Límites de tamaño recomendados para los sistemas SUCS y AASHTO

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	TAMAÑO DEL GRANO (MM)
Unificado	Grava: 75 mm a 4.75 mm
	Arena: 4.75 mm a 0,075 mm
	Limo y arcilla (finos): < 0,075 mm
AASHTO	Grava: 75 mm a 2 mm
	Arena: 2 mm a 0,05 mm
	Limo: 0,05 mm a 0,002 mm
	Arcilla: <0,002 mm

Fuente: Programa de Certificación Vial Competencias Técnicas de Laboratorista en Vialidad Grado I (Segarra M., 2013)
Elaborado por: Córdova, M. 2018

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.

La forma original de este sistema fue propuesto por Casagrande en 1948 para su uso en los trabajos de construcción del aeródromo realizado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la Segunda Guerra Mundial. En colaboración con el U.S. Bureau of Reclamation, este sistema fue revisado en 1952. (Braja, 2013)

Este sistema clasifica a los suelos en dos categorías: en granulares y finos, según se distribuye el material que pasa el tamiz de 3'' = 75 mm; cuando más del 50% del material pasa el Tamiz número 200 (T200) se lo denomina suelo fino y el retenido por el tamiz es el suelo granular.

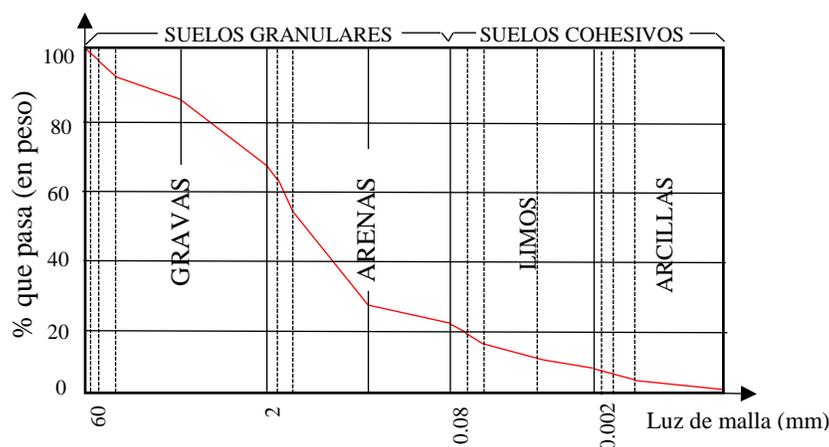


Figura 8-2 Curva granulométrica de los suelos.

Fuente: Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento

Elaborado por: Córdova, M. 2018

Tabla 3-2

Símbolos del grupo SUCS

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien gradado	W
Arena	S	Pobrementemente gradado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

Fuente: Manual de carreteras

Elaborado por: Córdova, M. 2018

Tabla 4-2
Clasificación granulométrica de los suelos

TIPO	DENOMINACIÓN		TAMAÑO (mm)
	Bolos y bloques		>60
SUELOS GRANULARES	Grava	Gruesa	60 – 20
		Media	20 – 6
		Fina	2 – 6
	Arena	Gruesa	0.6 – 2
		Media	0.2 – 0.6
		Fina	0.08 – 0.2
SUELOS COHESIVOS	Limo	Grueso	0.02 – 0.08
		Medio	0.006 – 0.02
		Fino	0.002 – 0.006
		Arcilla	< 0.002

Fuente: Manual de carreteras

Elaborado por: Córdova, M. 2018

Tabla 5-2
Características de los suelos según SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES	SÍMBOLO	COMPORTAMIENTO MECANICO	CAPACIDAD DE DRENAJE	DENSIDAD ÓPTIMA P.M.	CBR In situ	
SUELOS DE GRANO GRUESO	GW	Excelente	Excelente	2.00 – 2.24	60 – 80	
	GP	Buena a excelente	Excelente	1.75 – 2.08	25 – 60	
	Gravas	GM d	Buena a excelente	Aceptable a mala	2.08 – 2.32	40 – 80
		U	Buena	Mala a impermeable	1.92 – 2.24	20 – 40
		GC	Buena	Mala a impermeable	1.92 – 2.24	20 – 40
		SW	Buena	Excelente	1.75 – 2.06	20 – 40
	Arenas	SP	Aceptable a buena	Excelente	1.60 – 1.92	10 – 25
		SM d	Aceptable a buena	Aceptable a mala	1.92 – 2.16	20 – 40
			U	Aceptable	Mala a impermeable	1.68 - 2.08
		SC	Malo a aceptable	Mala a impermeable	1.68 – 2.08	10 – 20
SUELO DE GRANO FINO	Limos y arcillas (LL<50)	ML	Malo a aceptable	Aceptable a mala	1.60 – 2.00	5 – 15
		CL	Malo a aceptable	Casi impermeable	1.60 – 2.00	5 – 15
		OL	Malo	Mala	1.44 – 1.70	4 – 8
SUELOS ORGÁNICOS	Limos y arcillas (LL>50)	MH	Malo	Aceptable a mala	1.28 – 1.60	4 – 8
		CH	Malo a aceptable	Casi impermeable	1.44 - 1.75	3 – 5
		OH	Malo a muy malo	Casi impermeable	1.28 – 1.68	3 – 5
	Pt	Inaceptable	Aceptable a mala	-	-	

Fuente: Manual de carreteras

Elaborado por: Córdova, M. 2018

Sistema de Clasificación AASHTO

Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Ha sido objeto de varias revisiones, con la actual versión propuesta por la Comisión de Clasificación de Materiales para los Tipos de Carreteras Subrasantes y Granulares de la Junta de Investigación de Carreteras en 1945 (Norma ASTM D-3282; método AASHTO M145). (Braja, 2013, pág. 78)

En la siguiente tabla se muestra este sistema de clasificación, en donde el suelo se clasifica en siete grupos: A-1 a A-7, de los cuales los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz núm. 200. Los suelos donde más de 35% pasa a través del tamiz núm. 200 se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.

Tabla 6-2
Sistema de clasificación AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
	A-1			A-2			
<i>Grupo de clasificación</i>							
Análisis de tamiz (% de paso)	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
<i>Características de la fracción de paso núm. 40</i>							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
<i>Tipos comunes de materiales significativos constituyentes</i>							
	Fragmento de roca, grava y arena		Arena fina	Limo o grava arcillosa			
Clasificación general de la subrasante.			Excelente a bueno				

Clasificación general	Materiales granulares (35% o más del total de la muestra pasada por el núm. 200)			
<i>Grupo de clasificación</i>				A-7
Análisis de tamiz (% de paso)	A-4	A-5	A-6	A-7-5* A-7-6†
Núm. 10				
Núm. 40				
Núm. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción de paso núm. 40				
Límite líquido	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación general de la subrasante.	Regular a malo			
*Para A-7-5, $PI \leq LL - 30$				
†Para A-7-6, $PI > LL - 30$				
Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica. Elaborado por: Córdova, M. 2018				

2.4.1.2.2 Consistencia del suelo

En 1900, un científico sueco llamado Albert Mauritz Atterberg desarrolló un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino con diferentes contenidos de humedad. Con un contenido de humedad muy bajo, el suelo se comporta más como un sólido quebradizo. Cuando el contenido de humedad es muy alto, el suelo y el agua pueden fluir como un líquido. Por lo tanto, sobre una base arbitraria, dependiendo del contenido de humedad, la naturaleza del comportamiento del suelo puede ser dividido en cuatro estados básicos: *sólido*, *semisólido*, *plástico* y *líquido*. (Braja, 2013, pág. 64)

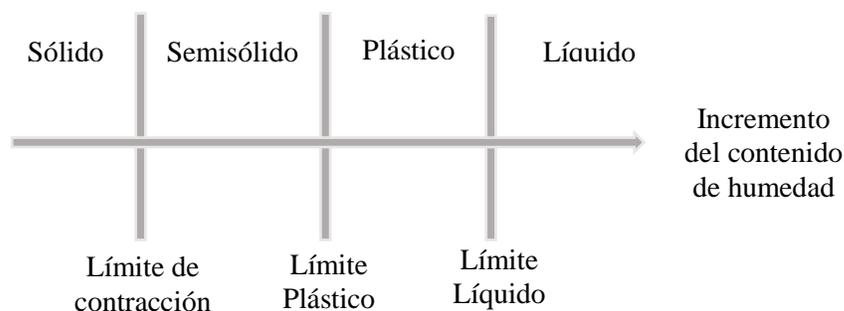


Figura 9-2 Límites de Atterberg.

Fuente: Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica (Braja, 2013)

Elaborado por: Córdoba, M. 2018

El contenido de humedad, expresado en porcentaje, en el que se lleva a cabo la transición del estado sólido al estado semisólido se define como el *límite de contracción*. El contenido de humedad en el punto de transición del estado semisólido al estado plástico es el *límite plástico*, y del estado plástico al estado líquido es el *límite líquido*. Estos límites son también conocidos como *límites de Atterberg*. (Braja, 2013)

Límite líquido (LL)

Este límite se determina amasando bien el suelo seco con bastante agua y extendiendo la masa sobre un molde denominado Cuchara de Casagrande, se abre el centro de masa extendida, un surco con un acanalador, formando un canal de unos 2 mm de ancho en su parte baja. El molde se coloca sobre una base y se somete a golpes controlados con la leva accionada por la manivela. El límite líquido es la humedad de la muestra cuando al dar 25 golpes se cierra el canal unos 12 mm. Como es difícil conseguir esta condición, se determina la humedad por interpolación, a partir de dos muestras, en las que debe conseguirse el cierre de 12 mm con más y menos golpes que 25. (Gonzales de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

Otro método para la determinación del límite líquido, que es popular en Europa y Asia, es el *método cono de penetración* (British Standard—BS1377). En esta prueba el límite líquido se define como el contenido de humedad en la que un cono estándar de ángulo de vértice 30° y un peso de 0.78 N (80 gf) penetra una distancia $d \geq 20$ mm en 5 segundos cuando se deja caer desde una posición de punto de contacto con la superficie del suelo. Debido a la dificultad para conseguir el límite de líquido de una sola prueba, pueden llevarse a cabo cuatro o más pruebas con diferentes contenidos de humedad para determinar la penetración del cono, d . Entonces se puede representar una gráfica semilogarítmica

con un contenido de humedad (w) frente a la penetración del cono d . Los resultados de la trama en una línea recta. El contenido de humedad correspondiente a $d = 20$ mm es el límite líquido. (Braja, 2013)

De estos dos métodos empleados para el cálculo del límite líquido, el que se ha utilizado en los ensayos de suelos durante la ejecución del presente estudio, fue el primero empleando la Cuchara de Casagrande.

Límite plástico (PL)

Se determina amasando el suelo con poca agua y formando elipsoides, arrollándolos con la palma de a mano sobre una superficie lisa, hasta llegar a un diámetro de unos 3 mm y una longitud de 25 – 30 mm. Si, en ese momento, los elipsoides se cuartejan en fracciones de unos 6 mm, su humedad es la del límite plástico que se determina secando en estufa varios elipsoides en análogas condiciones. Si no se cuartejan se vuelven a formar elipsoides para que pierda humedad y llegue a cuartejarse. (Gonzales de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

El *límite plástico* se define como el contenido de humedad, en porcentaje, en el que el suelo al enrollarse en hilos de 3.2 mm de diámetro se desmorona. El límite plástico es el límite inferior del escenario plástico del suelo. La prueba es simple y se realiza mediante rodados repetidos por parte de una masa de tierra de tamaño elipsoidal sobre una placa de vidrio esmerilado. (Braja, 2013)

El *índice de plasticidad (PI)* se obtiene mediante la diferencia entre el límite líquido LL y el límite plástico PL de un suelo. El procedimiento para la prueba de límite plástico se da en la norma ASTM, Designación ASTM D-4318.

$$PI = LL - PL$$

Obtención de muestras de suelos

La excavación de pozos a cielo abierto rinde siempre una información correcta hasta donde él llega, pues permite la inspección visual de los estratos del suelo. Sin embargo, la mayoría de las investigaciones del suelo requieren estudios del terreno a profundidades mayores que las que pueden ser alcanzadas satisfactoriamente con excavaciones a cielo abierto (Crespo, 2004). Es por ello que se ha realizado la excavación de calicatas y ensayos de penetración estándar (SPT) en el área donde se pretende construir.

Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

EL ensayo SPT es uno de los más utilizados en el mundo de la geotecnia, aunque la variabilidad de sus resultados para un mismo material depende en parte del equipo utilizado y de la corrección en la metodología. (Ventayol & Fernández, 2011)

Este ensayo determina las propiedades de un suelo por medio de la resistencia a la penetración de un muestreador en el mismo, a través del conteo del número de golpes necesarios (N) para que el muestreador penetre una distancia determinada, se utiliza para encontrar factores como el ángulo de fricción interna, cohesión, o puede de forma directa obtenerse la capacidad de carga del suelo. El ensayo de penetración estándar se basa en el principio físico de la conservación de la cantidad de movimiento. Se supone además que el choque de la maza con la cabeza de impacto es completamente plástico, es decir no se produce el rebote de la maza al impactar. (Patzán, 2007)

Este tipo de ensayo consiste en la ejecución de perforaciones mecánicas de suelo en el sitio de implantación del proyecto o en las zonas donde se requiere investigación. En la perforación se ejecuta el ensayo SPT (Standard Penetration Test) que consiste básicamente en contar el número de golpes (N) que se necesitan para introducir un toma-muestras (cuchara partida) dentro un estrato de suelo (ASTM 1586). Este ensayo se utiliza para caracterizar depósitos de suelos granulares y arcillas de consistencia rígida, en las cuales la penetración del tubo Shelby se vuelve complicada. La prueba consiste en dejar caer de forma repetida un peso de 63.5 kg (140 lbs) de una altura de 76 cm (30"). Las fuerzas aplicadas en el peso son transferidas al muestreador tipo cuchara partida, usando una serie de barras metálicas en el medio. En cada caída del martillo se transfiere una cantidad de energía potencial (E^*) para el peso, teóricamente equivalente a 475J (350 lbf/pie). El número de golpes que se necesita dar con el martillo para penetrar los últimos 30 cm de un total de 45 cm de profundidad, se conoce como N_{SPT} . (Duarte, et al., 2016)

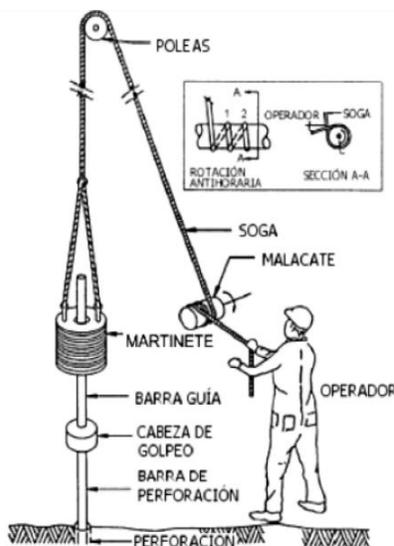


Figura 10-2 Mecanismo de golpeo para el SPT

Fuente: Análisis de la influencia del porcentaje de finos en la capacidad de carga admisible de la Cangahua en la ciudad de Quito, Ecuador. (Guerrón Andrade & Tacuri Silva, 2012)

Las muestras alteradas tomadas durante la ejecución del SPT fueron empleadas para realizar ensayos de laboratorio: granulometría, límites de consistencia, contenido de humedad. Y con el número de golpes (N) se obtuvo la capacidad de carga del suelo.

Determinación de capacidad de carga admisible del suelo.

En el presente estudio se determina la capacidad de carga admisible empleando la ecuación de Meyerhof y Teng en función del SPT.

Fórmula de Meyerhof

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

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

Donde:

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

N = número de golpes en el ensayo SPT.

$$k_d = 1 + 0.2 D_f / B \leq 1.2$$

B = ancho de la zapata (m)

D_f = profundidad de desplante (m)

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

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

Donde:

Qadm = presión admisible del suelo

N = número de golpes del SPT.

B = ancho de la zapata

2.4 Sismicidad

Ecuador es un territorio sísmicamente activo que históricamente ha sido afectado por numerosos terremotos destructivos, entre los que se puede citar en terremoto de Esmeraldas de 1906 (M=8.8, uno de los más grandes registrados en el mundo), Ambato de 1949 (M=6.8) que dejó cerca de 5050 fallecidos (USGS), Reventador en 1987 (M=6.1 y 6.9) que provocó deslizamientos de lodo y avalanchas de rocas destruyendo parte del oleoducto ecuatoriano causando un gran impacto en la economía del país, Bahía de Caráquez en 1998 (M=7.2) que afectó cerca del 60% de las edificaciones de la zona. (Ortiz, 2013)

Con el fin de registrar y caracterizar los eventos sísmicos en el Ecuador, al final de la década de los 70 se implantó la red de monitoreo sísmica ecuatoriana (RENSIG), operada por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, provee soluciones para terremotos a partir de 1990, su modernización y ampliación inició en el año 2008 con el fin de contar con una red que cubra todo el Ecuador y permita una mejor caracterización de los parámetros sísmicos. (Ortiz, 2013)

Los terremotos son catástrofes naturales que no se pueden evitar, y actualmente tampoco predecir (Hernández, 2001). El conocimiento de la sismicidad de una región es necesario para todo cálculo o plan de mitigación de sus efectos y es fundamental para la elaboración de los códigos de construcción y escenarios sísmicos, por esta razón es importante conocer las características de la sismicidad de una zona (Rivadeneira et al., 2007). (Ortiz, 2013)

CAPÍTULO III

3 DISEÑO Y EXPERIMENTACIÓN

3.1 Metodología

Para alcanzar los objetivos de estudio, se empleó las siguientes técnicas de investigación:

3.1.1 *Levantamiento Topográfico*

Se realizó el levantamiento topográfico del área de estudio para lo cual se empleó la estación total marca Sokkia en cuatro puntos de referencia, a partir de los cuales se procedió a la toma de datos de ángulos y distancias, esto con el objeto de generar las curvas de nivel del terreno. (Ver anexo G)



Figura 11-3 Ubicación de la estación total marca Sokkia.

3.1.2 *Levantamiento Geológico*

Para realizar el levantamiento geológico se procedió a recorrer la zona de estudio con anterioridad y definir los trabajos a ejecutarse.

Una vez realizado el reconocimiento del lugar se decidió efectuar tres calicatas: dos en el talud y otra en la base del mismo, y describir dos perfilados ya existentes; la ubicación de estos puntos fueron elegidos de forma aleatoria y se muestran en la figura 12-3.



Figura 12-3 Ubicación de calicatas (C) y perfilados (P).

Se recogieron muestras representativas para analizarlas en el laboratorio. Todo lo observado fue registrado en la libreta de campo.

A continuación se muestra una tabla con el registro geológico de una de las calicatas más representativas. Los registros restantes se encuentran el apartado de anexos. (Ver anexo B).

Tabla 7-3

Registro geológico de calicatas

REGISTRO GEOLÓGICO DE CALICATAS			
Nº: 001		FECHA: 2017/11/16	
REALIZADO POR: Mayra Córdova Carreño			
UBICACIÓN		COORDENADAS	
PROVINCIA:	Morona Santiago	X	Y
CANTÓN:	Morona	9744501	820810
PARROQUIA:	Macas		
ÁREA:	Centro de Salud INNFA 24HD		
DIMENSIONES	LARGO	ANCHO	PROFUNDIDAD
	1 m	1 m	2 m

PERFIL DE LA CALICATA	DESCRIPCIÓN
	<p>ESTRATO 1</p> <p>Esta capa tiene un espesor de 115 cm y está compuesta por humus.</p> <p>ESTRATO 2</p> <p>El espesor de esta capa es de 55 cm y está compuesto de un material arcilloso de coloración café oscuro.</p> <p>ESTRATO 3</p> <p>Esta unidad tiene un espesor de 30 cm en donde cuya litología es una arcilla de color café claro con la presencia esporádica de clastos de 3 a 8 cm.</p>
	<p>OBSERVACIONES:</p>
	<p>La litología presente en la calicata 02 es la misma de la calicata 001</p>

3.1.3 Geología Local

Durante el levantamiento geológico se pudo verificar que la zona de estudio se encuentra dentro de un depósito de lahar perteneciente a la Formación Mera y como depósitos superficiales se encontraron suelos residuales. Los lahares que afloran dentro de área de estudio y su zona de influencia presentan un color gris oscuro y un tono amarillento con una matriz limo-arenosa compacta y cohesiva, ésta soporta bloques angulosos de tamaños que varían de 5 a 30 cm. La proporción matriz – bloques se estima igual a 70 - 30% respectivamente.

3.1.4 Características morfológicas

En el nuestro lugar de estudio se puede observar un valle en V que es de tipo fluvial. Este valle tiene las siguientes medidas: una profundidad (h) de unos 20m y un ancho (a) de unos 100m aproximadamente tomando en cuenta desde la ubicación del centro de salud a la vía.

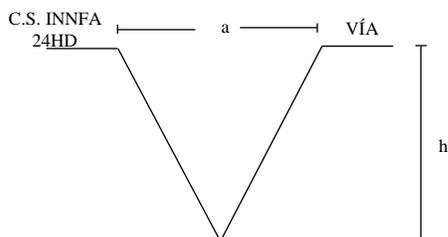


Figura 13-3 Forma del valle tipo fluvial

3.1.5 Características hidrogeológicas

Dentro del área de interés se encuentra una quebrada llamada Plazayacu, la cual desemboca en el río Upano. Esta quebrada actualmente se encuentra encausada debido a trabajos realizados por el Municipio del cantón Morona.

3.1.6 Características geotécnicas

Para realizar la caracterización geotécnica se procedió a la recolección de muestras representativas durante las salidas de campo, estas muestras posteriormente fueron empleadas para realizar sus respectivos análisis de laboratorio (ver anexo C.), los análisis fueron hechos en el laboratorio del Consejo Provincial de Morona Santiago. Además se efectuaron dos ensayos de SPT en cooperación con el laboratorio de Suelos e Ingeniería SOLING.

A continuación se detallan los ensayos a los que fueron sometidas las muestras tomadas en el campo:

- | | |
|-----------------------------------|--------------|
| 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 |

Humedad natural

- I. Se pesa el tarro o cápsula de secado que se va a emplear para realizar este ensayo (peso tarro).
- II. Se toma una porción de la muestra obtenida en el campo en un recipiente, se la pesa (peso húmedo) y se la coloca en el horno a 110 °C. La muestra debe permanecer 24 horas en dicho horno.

- III. La muestra secada se la saca del horno y se la deja enfriar para posteriormente pesarla (peso seco).
- IV. Una vez que se tiene los valores: peso tarro, peso húmedo y peso seco, se procede a calcular el % de humedad utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{peso húmedo} - \text{peso seco}}{\text{peso seco} - \text{peso tarro}}$$

Ensayos granulométricos

Con este análisis se determina la cantidad en porcentaje de los diferentes tamaños de las partículas que constituye un suelo, para lo cual se realizó la clasificación granulométrica mediante el tamizado.

Y el proceso que se siguió fue el siguiente:

- I. Se toma una muestra representativa de suelo, se la lava empleando un tamiz #200
- II. El material retenido en dicho tamiz se lo coloca en el horno a una temperatura de 110°C. durante 24 horas.
- III. Una vez listo se lo saca del horno, se espera a que este se enfrié y se lo pasa por los tamices con mallas de diferentes tamaños.
- IV. Se pesa el porcentaje de material retenido en cada uno de los tamices: el % de grava, % de arena y el % de finos.



Figura 14-3 Ensayo granulométrico: *a.*- Lavado de la muestra para eliminar el material fino. *b.*- proceso de tamizado.

Límites de Atterberg

Para la determinación de estos límites se emplea material de suelo que pasa el tamiz No. 40

a. Límite líquido

- I. Se toman unos 100g del material, se colocan en una cápsula de porcelana y con la ayuda de una espátula se hace una mezcla pastosa, homogénea y de consistencia suave agregándole una pequeña cantidad de agua durante la mezcla.
- II. Se coloca esta pasta de suelo en la copa de Casagrande y se hace un corte en su centro, usando una herramienta de ranurado.
- III. La copa se eleva mediante la acción de una manivela y se deja caer desde una altura de 10 mm. A razón de 2 golpes por segundo, contando el número de golpes necesarios para que la parte inferior de la ranura se cierre a los 12.7mm. En el caso de que esto no suceda, se recoge la muestra de la copa y se le agrega un poco más de agua volviéndola a mezclar.
- IV. Una vez obtenido el número de golpes, se toma una porción de la pasta de suelo del área más cercana a la ranura para determinar el contenido de agua, esta pasta se deposita en un tarro.
- V. Se repiten los pasos anteriormente descritos humedeciendo el suelo (con otros contenidos de humedad), para lo cual se hace uso de un gotero. Al añadir el agua se debe mezclar bien con el suelo hasta que este quede uniformemente incorporado.
- VI. Cada tarro se pesa y se los coloca en el horno por 24 horas (Ph).
- VII. Ya secas las muestras vuelven a ser pesada. (Ps)
- VIII. Con los valores obtenidos se procede a realizar los cálculos respectivos.

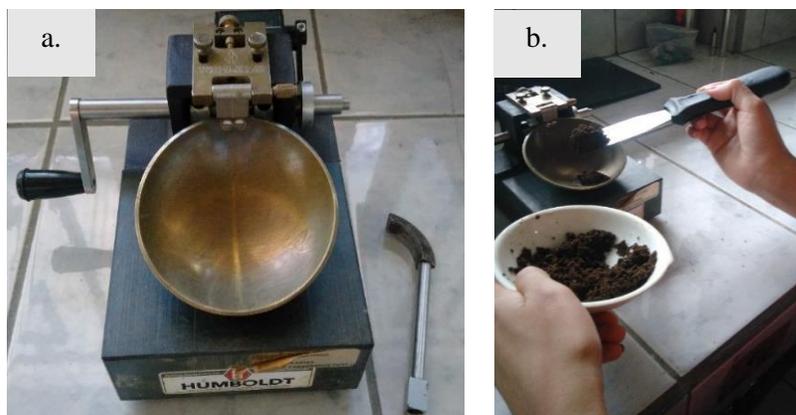


Figura 15-3 Ensayo de límite líquido: *a.*- Dispositivo de L.L., cuchara de Casagrande. *b.*- colocación de la porción de muestra.

b. Límite Plástico

- I. Para realizar este ensayo se hace uso de la mezcla sobrante del ensayo de Límite líquido. A esta mezcla se le evapora humedad removiéndola con la ayuda de la espátula hasta obtener una muestra plástica para después realizar rodados repetidos de tamaño elipsoidal sobre una placa de vidrio esmerilado.
- II. Se forma una pequeña bola de masa, la cual se hace rodar entre la palma de la mano y el vidrio esmerilado con presión suficiente para enrollar la masa hasta obtener un hilo de diámetro uniforme de unos 3 mm.
- III. Si el hilo no se ha desmoronado antes de llegar a un diámetro de 3 mm, deberá juntarse nuevamente la masa, formar una bola y volver a enrollarla. Continuando con el enrollado hasta conseguir un hilo de suelo de unos 3 mm hasta que el hilo se desmenuce al alcanzar dicho diámetro. Los suelos que no puedan ser enrollados se los considera como NP que significa suelos no plásticos.
- IV. Posteriormente se recogen todos los fragmentos de suelo disgregado y se los coloca en un recipiente (tapa seca), se los pesa y coloca en el horno por 24 horas. Una vez seca se lo vuelve a pesar.
- V. Este proceso se repite con otra porción de masa y con los valores obtenidos se realizan los cálculos respectivos.

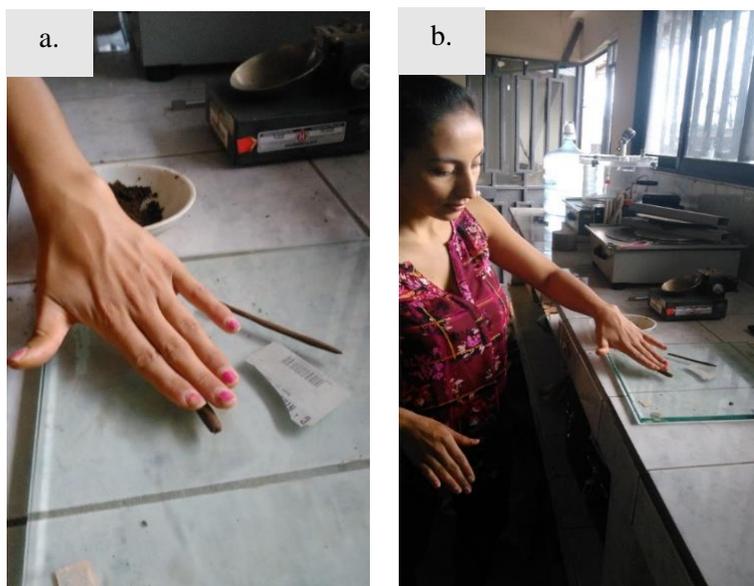


Figura 16-3 Ensayo de Límite plástico: *a* y *b* muestran la forma de ejecución del ensayo.

El índice de plasticidad (PI) se obtuvo mediante la diferencia entre el límite líquido LL y el límite plástico LP de un suelo con la siguiente fórmula.

$$PI = LL - LP$$

Ensayo de gravedad específica.

Con este ensayo se logra obtener valores para el cálculo de la gravedad específica y el porcentaje de absorción del suelo.

Y para eso se siguen los siguientes pasos:

- I. Una porción de la muestra tomada en el campo (1500 gr. Aproximadamente), debe ser saturada en agua por un lapso de 24 horas, posteriormente se la pone a secar al ambiente.
- II. La muestra ya seca se la hace pasar por el tamiz No. 3/8. Del material pasante ocupamos 200 gr. Para realizar este ensayo.
- III. Se pesa el picnómetro a ser empleado más el agua.
- IV. Se coloca la muestra en el picnómetro conjuntamente con el agua y se eliminan todos los espacios vacíos y las burbujas que se forman durante este proceso.
- V. Se pesa el picnómetro, más el agua, más la muestra y se realizan los cálculos empleando las formulas siguientes:

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

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

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

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

Donde:

A = peso en el aire de la muestra.

B = volumen de la probeta.

C = peso en gramos de agua añadida.



Figura 17-3 Ensayo de gravedad específica: *a.*- Muestra de suelo saturado. *b.*- Peso igual a 500gr de muestra secada al natural. *c.*- Muestra colocada en el picnómetro. *d.*- Picnómetro + muestra + agua, libre de burbujas de aire.

Ensayos SPT

El equipo empleado para la ejecución de estos ensayos pertenece al laboratorio de suelos e ingeniería SOLING. En equipo fue armado dentro del área perteneciente al centro de salud con la finalidad de identificar los diferentes estratos de suelo y su composición, para ello se efectuó dos sondeos (ver figura 18.3) con el objeto de recuperar muestras que permitan identificar el perfil estratigráfico del terreno en estudio, se realizaron perforaciones a percusión entre 7,0 a 8,0 metros de profundidad.



Figura 18-3 Ubicación de los sondeos SPT.

Paralelamente al avance de las perforaciones y en cada metro de profundidad, se realizaron ensayos de penetración estándar, 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, cuyos datos se registraban en una hoja de campo.

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.



Figura 19-3 Ensayo de SPT: *a.*- colocación del equipo SPT. *b.*- Muestra recuperada con el toma muestras. *c.*- Muestra colocada en una funda con su respectiva identificación.

3.2 Sismicidad.

Partiendo de que, debido al complejo tectónico de nuestro país, se ha desarrollado muchas zonas generadoras de sismos, estas zonas conocidas como nido sísmico, hace referencia a que en algunos puntos del país la sismicidad es mucho más constante que en otros lugares.

Cuando un sismo se genera, las ondas emitidas por la liberación de la energía van a atravesar diversos medios rocosos, produciendo una desaceleración o aceleración, pero para los fines de estimación del riesgo, se considera que las ondas surcan un mismo ambiente, con lo cual se define que la desaceleración de la onda está relacionada con la energía liberada definida por su magnitud (M) y con la distancia recorrida (R).

La magnitud de un sismo al ir disminuyendo conforme las ondas se alejen del punto emisor, nos proporciona un valor de una magnitud del sismo en el epicentro y otra diferente y siempre menor, que es la magnitud del sismo en un lugar cualquiera, por lo tanto existe una desaceleración de las ondas a más de que existe pérdida de la energía por otras razones, esta comprensión se resume en el enunciado: Ley de Atenuación.

Para realizar un análisis sísmico se requiere tomar en cuenta los sismos históricos que tuvieron trascendencia en la historia del país, tomando en consideración la magnitud (M) y la distancia (R) al punto de estudio. El sismo que provocó mayor afectación a la ciudad de Macas fue el producido el 03 de octubre de 1995 en la cordillera de Cutucú, de este sismo se tomaron los datos para realizar el cálculo de la atenuación máxima.

Con la finalidad de obtener un parámetro sísmico relativo a la aceleración sísmica (atenuación sísmica), se puede recurrir a cualquiera de las empíricas leyes de atenuación existentes. En el presente estudio se ha considerado la ley de Goldsack y la de de Esteva y Villaverde.

Ley de atenuación de Goldsack de 1973

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

Ley de atenuación de 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 y r es una constante que en este caso es igual a 20.

Para poder emplear las fórmulas se calculó primero a distancia epicentral (X), convirtiendo los datos de longitud y latitud de los puntos P1 (lugar de estudio) y P2 (ubicación del sismo) a kilómetros. Esto se lo hace multiplicándolos por 111.1111 (valor de un grado en km).

P1 = 2.307°S; 78.115°W

P2 = 2,768°S; 77,818°W

Teniendo:

P1 = 256.33 S; 8679.43W

P2 = 307.55 S; 8646.43W

Ahora se procede a calcular la distancia entre estos dos puntos con la siguiente fórmula:

$$X = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

Donde X = 60.93 km

Una vez obtenido X se aplica la fórmula de la distancia focal o llamada también distancia

epicentral: $R = \sqrt{X^2 + H^2 + r^2}$, dándonos R = 68.33 km

Entonces las características de este potencial evento sísmico serían:

Distancia epicentral (X):	60.93 km
Profundidad focal (H):	23.6 km
Magnitud probable (M):	7.0
Distancia focal (R)	68.33 km

CAPITULO IV

4 Análisis e Interpretación de Resultados

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

4.1.1 Ensayos granulométricos, humedades, límites y clasificación del suelo.

Estos 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. Como se dijo en un principio, se realizaron tres calicatas (C1, C2, C3), dos perfilado (P1, P2) y dos sondeos con el equipo SPT, de estos, la C1 y la C2 tienen la misma litología por lo que se realizó los ensayos con las muestra representativas de la C1. La C3 muestra una misma composición litológica que el P1, por tal motivo se consideró ensayar la muestra representativa que fue del P1. Los cuadros con los resultados de todas las muestras ensayadas se encuentran colocados en la parte de anexos. (Ver anexos E, F)

Tabla 8

Cuadro de resultados empleados para los ensayos de laboratorio: resultados de la muestra 01 de la calicata 01 (CIM1).



LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO: Estudio Geológico y Análisis Geotécnico del Centro de Salud INNFA 24HD
 COORDENADAS: X= 9744501 Y= 820810
 USO: TESIS

COLOR: CAFÉ MARRÓN
 MUESTRA C1-M1
 PROFUNDI 1,60 M

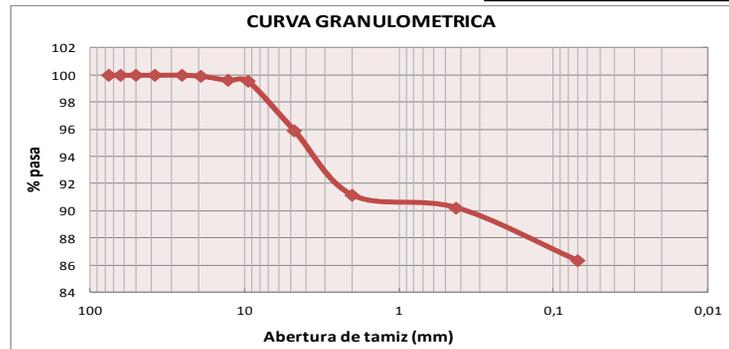
ENSAYADO POR: Mayra Córdova
 FECHA DE TOMA: 16/11/2017
 FECHA DE ENSAYO: 20/11/2017

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
		-			100,00	
		-			100,00	
		-			100,00	
3/8"	9,5		0,0	0,00	100,00	
N° 4	4,75	0,20	0,2	0,08	99,92	
N° 8	2,36	0,80	1,0	0,38	99,62	
N° 10	9,52	0,20	1,2	0,46	99,54	
N° 40	0,42	9,60	10,8	4,12	95,88	
N° 50	0,30	4,60	15,4	5,88	94,12	
N° 80	0,18	7,80	23,2	8,86	91,14	
N° 100	0,15	2,40	25,6	9,77	90,23	
N° 200	0,075	10,20	35,8	13,67	86,33	
< N° 200			226,1	86,33		
TOTAL			261,94			

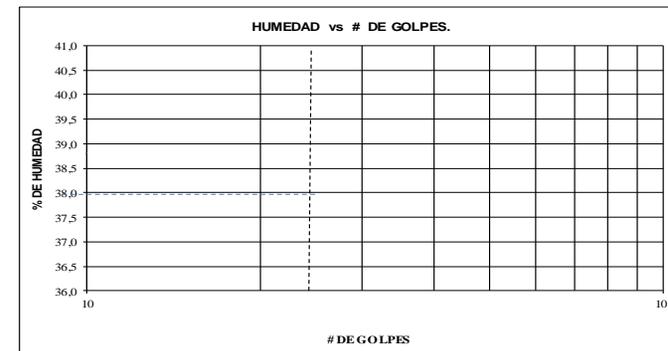
PESO ANTES DEL LAVADO= 261,94 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 35,80 gr

	ÁRIDO	%
	GRAVA	0,08 %
	ARENA	13,59 %
	FINOS	86,33 %



HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)					
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD PROM
35		121,83	65,32	26,44	145,34
23		117,39	63,97	27,52	146,56
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)					

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)



CLASIFICACION:	
SUCS	SM
AASTHO	A-5
HUMEDAD NATURAL	145,95 %
LIMITE LIQUIDO:	0,00 %
LIMITE PLASTICO:	0,00
INDICE PLASTICO:	0,00
INDICE DE GRUPO:	0,00

Resultados de las muestras de calicatas y perfilados.

De la calicata N° 1 de dos metros de profundidad se extrajo dos muestras, la una compuesta de arenas limosas mal gradadas de color café oscuro, con un porcentaje igual a 0.08% de grava, 13.59% de arena y 86.33% de finos, de clasificación SUCS tipo SM, dentro de la misma calicata a 1.7 m de profundidad la coloración del suelo cambió a un tono café claro, el cual está compuesto por 7.64% de grava, 43.92% de arena y 48.44 de finos dando como resultado de la clasificación SUCS tipo SM. Las muestras de los perfilados (P1 y P2), fueron limos inorgánicos de clasificación SUCS tipo MH de mediana a alta plasticidad con un porcentaje de 13.20% de grava, 42.90% de arena y 43.90 de finos para P1 y 13.14% de grava, 39.43% de arena y 47.43 de finos para P2.

Tabla 9-4

Resultados de tipos de suelos de muestras de calicatas y perfilados.

No. muestra	Clasificación SUCS
C1M1	SM
C1M2	SM
P1M3	MH
P2M4	MH

Las muestras descritas anteriormente también fueron empleadas para realizar ensayos de gravedad específica y conocer su porcentaje de absorción. Resultados que nos indican que, mientras menor sea la gravedad específica del suelo mayor será el porcentaje de absorción, por tanto la plasticidad de los suelos aumentará, a continuación se pueden apreciar los resultados en la tabla 10-4.

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 sub saturada seca	Gravedad específica aparente	% de absorción
C1M1	1,235	1,657	2.136	34.19
C1M2	0,892	1,268	1,429	42,05
P1M3	2,140	2,321	2,613	8,46
P2M4	1,792	2,042	2,391	14,00

Resultados de los ensayos SPT.

Los suelos que a continuación se detalla en los sondeos, fueron clasificados de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS, y está conformados por estratos de:

Sondeo 1

En los dos primeros metros de profundidad del sondeo se detecta material de arenas limosas mal graduadas de color café oscuro, con humedad alta, de clasificación SUCS tipo SM con plasticidad media; en el tercer metro de profundidad se determina la presencia de limos inorgánicos de clasificación SUCS tipo MH con alto nivel de humedad, de mediana plasticidad; desde el cuarto metro de profundidad hasta el sexto metro encontramos material de arenas limosas mal graduadas de color café oscuro, con humedad alta, de clasificación SUCS tipo SM de mediana plasticidad; en el séptimo metro se determinó limos inorgánicos de clasificación SUCS tipo MH con alto nivel de humedad, de mediana a alta plasticidad y en el octavo metro de profundidad se encontró arenas limosas mal graduadas de color café oscuro, con humedad alta, de clasificación SUCS tipo SM; todos estos estratos se encuentran en estado compacto (ver anexo F). Hasta la profundidad explorada no se encontró nivel freático.

Sondeo 2

Los dos primeros metros de profundidad del sondeo se tiene la presencia de arenas mal graduadas con mezcla de limo de color café oscuro, con humedad alta, de clasificación SUCS tipo SP con plasticidad media; desde el tercer metro hasta el cuarto metro encontramos arenas limosas mal graduadas de clasificación SUCS tipo SM de mediana plasticidad y con humedad alta; desde el quinto metro al sexto metro de profundidad encontramos 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 (ver anexo F). Hasta la profundidad explorada no se encontró nivel freático.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS

La descripción de los materiales encontrados en los sondeos efectuados, se representa en la siguiente figura (fig. 20-4), donde la clasificación de suelos se realizó bajo los criterios del sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). Para ello se empleó el software de elaboración de columnas estratigráficas llamado Strater.

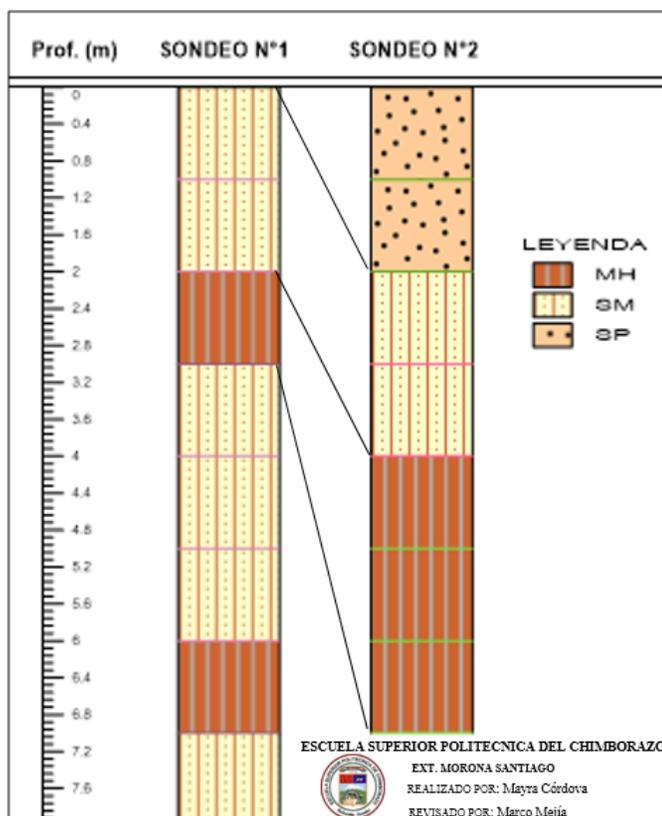


Figura 20-4 Columna estratigráfica de los sondeos SPT. Correlación estratigráfica.

Tabla 11-4

Resultados del SPT: Clasificación de los suelos según SUCS y la NEC.

Profundidad (m)		POZO 1		POZO 2	
De:	A:	SUCS	NEC	SUCS	NEC
0.00	0.50	SM	E	SP	E
1.00	1.50	SM	E	SP	E
2.00	2.50	MH	E	SM	D
3.00	3.50	SM	D	SM	D
4.00	4.50	SM	E	MH	D
5.00	5.50	SM	D	MH	D
6.00	6.50	MH	D	MH	E
7.00	7.50	SM	D		

4.1.2 Determinación de la capacidad de carga admisible

La capacidad de carga admisible del suelo de fundación ha sido evaluada mediante las fórmulas las de Teng y Meyerhof, con un valor de seguridad de 3.

Análisis de capacidad de carga en función de “N” (SPT)

Los resultados de capacidad de carga obtenida para cada metro de profundidad en los sondeos muestran que al incrementar N la capacidad de carga se eleva, esto conforme se profundiza el sondeo. Cuando los valores de N son inferiores a 50 se los considera como suelos, pero si este valor es mayor a 50 se lo considera como rechazo. Es así que en el primer sondeo tenemos un suelo desde 0 m a 6 m con valores que varían entre 6 – 29, sin embargo a 7 m N es igual a 56 lo cual se considera como rechazo (tabla 12-4). En el segundo sondeo N se mantiene por debajo de los 50 hasta los 6 m que se profundizó (tabla 13-4).

Tabla 12-4

Capacidad de cargar en función de N, SPT – 1.

Profundidad (m)		N (golpes/30cm)	Capacidad de carga (T/m ²)				
			(Teng)		(Mayerhof)		Promedio
De:	A:	(SPT)	B<1.0m	B>=1.2m	B<1.0m	B>=1.2m	(T/m ²)
0.00	0.50	6	4,50	4,15	9,00	9,44	2,26
1.00	1.50	6	4,50	4,15	9,00	9,44	2,26
2.00	2.50	8	7,49	6,92	12,00	12,58	3,25
3.00	3.50	20	25,48	23,53	30,00	31,46	9,21
4.00	4.50	12	13,49	12,46	18,00	18,88	5,24
5.00	5.50	25	32,97	30,45	37,50	39,32	11,69
6.00	6.50	29	38,97	35,99	43,50	45,62	13,67
7.00	7.50	56	79,43	73,36	84,00	88,08	27,07

Tabla 13-4

Capacidad de cargar en función de N, SPT – 2.

Profundidad (m)		N		Capacidad de carga (T/m ²)			
		(golpes/30cm)	(Teng)	(Mayerhoff)		Promedio	
De:	A:	(SPT)	B<1.0m	B>=1.2m	B<1.0m	B>=1.2m	(T/m ²)
0.00	0.50	3	0,00	0,00	4,50	4,72	0,77
1.00	1.50	4	1,50	1,38	6,00	6,29	1,26
2.00	2.50	28	37,47	34,60	42,00	44,04	13,18
3.00	3.50	15	17,98	16,61	22,50	23,59	6,72
4.00	4.50	18	22,48	20,76	27,00	28,31	8,21
5.00	5.50	24	31,47	29,07	36,00	37,75	11,19
6.00	6.50	26	34,47	31,84	39,00	40,90	12,18

4.2 Análisis de sismicidad.

Aplicando las formulas dadas de las leyes de atenuación con los datos obtenidos en el capítulo 3, dan los siguientes resultados:

Ley de atenuación de Goldsack: Aceleración horizontal máxima = 0,13*g

Ley de atenuación de Esteva y Villaverde: Aceleración horizontal máxima = 0,13*g

El valor es el mismo aplicando las dos fórmulas, y es menor al valor que se designa en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (Urquiza, 2014), donde el país se divide en 6 zonas sísmicas caracterizadas por el valor del factor (Z), de acuerdo a esa zonificación el área de estudio se encuentra en la Zona Sísmica III en la cual se aplica un Factor de Zona (Z) igual a 0,30*g., y está catalogada como zona de amenaza sísmica alta.

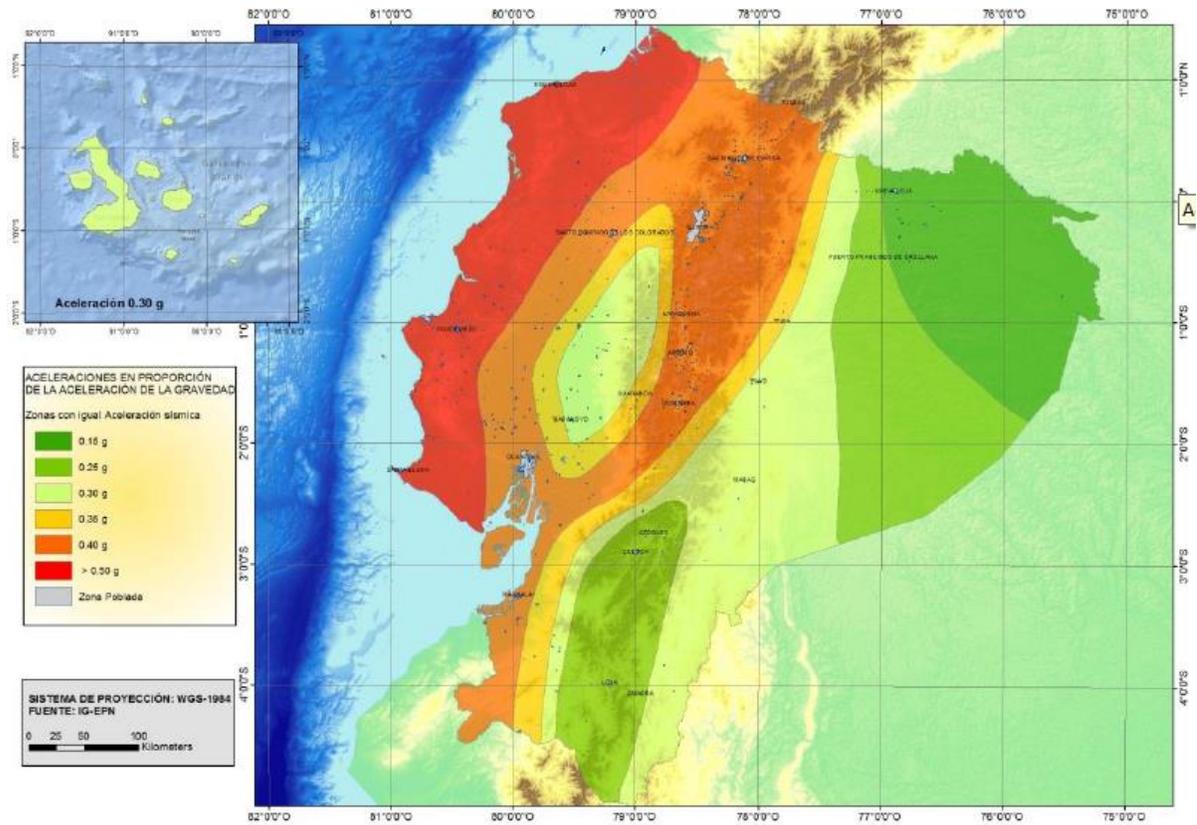


Figura 21-4 Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z
Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014) p.27.

CAPITULO V

5 Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Dentro del área de estudio afloran depósitos de un lahar originados por la actividad del volcán Sangay (cuaternario), que se encuentran agrupados dentro de la Formación Mera (Q_M), estos lahares presentan un color gris oscuro a un tono amarillento, dentro de una matriz limo-arenosa.
- Las características geotécnicas del lahar clasificadas mediante el SUCS son: arenas limosas mal gradadas tipo SM, arenas mal gradadas con mezclas de limos tipo SP y limos inorgánicos tipo MH, distribuidos indistintamente como se lo puede observar en el perfil estratigráfico de la *figura 20-4* y en la *tabla 11-4*.
- Mediante el ensayo SPT se determinó que en el primer sondeo la calidad geotécnica del suelo mejora sustancialmente a partir de los 7 m de profundidad (56 golpes); en el segundo sondeo la calidad del suelo mejora a partir de los 5 m (24 golpes).
- Empleando los datos obtenidos en el SPT (N) y las fórmulas empíricas de Teng y Meyerhof se obtiene una capacidad de carga para cada una de las perforaciones, las cuales van aumentando gradualmente conforme se profundiza el sondeo. En el primer sondeo Q_{adm} a los 7 m es de 27 Ton/m²; en el segundo sondeo Q_{adm} a los 5 m es de 11 Ton/m².
- Los valores de capacidad de carga admisible son bajos para los primeros metros de profundidad, por lo que los cimientos que se pretendan construir deberán ser diseñados con un adecuado tipo de zapatas tomando en cuenta el peso del cimiento.
- El análisis de sismicidad local empleando las fórmulas de las leyes de atenuación de Goldsack y la de de Esteva y Villaverde dan como resultado una aceleración máxima horizontal de 0.13*g para ambos casos.

5.2 Recomendaciones

- Definir el diseño de la cimentación del proyecto, donde el ingeniero civil deberá presentar su análisis técnico-económico conforme a los resultados obtenidos en el presente estudio.
- Para mejorar la calidad del suelo se propone realizar el cambio del material existente hasta una profundidad de 1.20 metros, excavando, retirando y reemplazando por un material de mejoramiento granular, el cual debe ser compactado mecánicamente como mínimo al 95% de su densidad máxima.

5.3 Resumen

La presente investigación propone: realizar el estudio geológico y geotécnico del predio y zona de influencia del centro de Salud INNFA 24HD y realizar recomendaciones técnicas; el trabajo se ejecutó en cuatro fases: primera fase corresponde a la etapa de recopilación documental, el cual es un método indirecto que consiste en la consulta de información bibliográfica sobre el tema, consta de mapas como el geológico, ubicación y accesos, archivos bibliográficos sobre geotecnia y clasificación de suelos. La segunda es la de campo, que corresponde a un método directo, en el cual se realizó el levantamiento topográfico, geológico, geotécnico con dos perforaciones SPT y los cálculos de sismicidad local. La tercera, de laboratorio, donde mediante ensayos realizados a las muestras recolectadas en el campo, se determinó las propiedades físico-mecánicas de cada una de ellas empleando el sistema de clasificación de suelos SUCS. La última, consiste en el procesamiento de datos obtenidos donde se pudo evidenciar que la zona de estudio se encuentra dentro de un depósito de lahar con suelos de tipo SM arenas limosas mal gradadas, SP arenas mal gradadas con mezclas de limos y tipo MH limos inorgánicos. Mediante el conteo del número de golpes del SPT se obtuvo la capacidad de carga del suelo con un valor de seguridad de 3, las cuales van aumentando gradualmente conforme se profundiza el sondeo donde, en el sondeo N°1 la calidad geotécnica del suelo mejora sustancialmente a los 7m con un valor de Q_{adm} igual a 27 Ton/m² y en el sondeo N°2 a los 5m con Q_{adm} igual a 11 Ton/m².

Palabras clave: PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS – CLASIFICACIÓN DE SUELOS - ESTUDIO GEOLÓGICO - ESTUDIO GEOTÉCNICO

Por: Mayra Cecibel Córdova Carreño



REVISADO
26 Junio 2019
[Signature]

5.4 Abstract

This research proposes: to carry out the geological and geotechnical study of the site and area of influence of the INNFA 24HD Health Centre and to make technical recommendations: The work was executed in four phases: first phase corresponds to the stage of compilation Documentary, which is an indirect method that consists in the consultation of bibliographic information on the subject, consists of maps such as geological, location and access, bibliographic archives on Geotechnics and classification of soils. The second is the field, which corresponds to a direct method, in which the topographical, geological, geotechnical survey was carried out with two SPT perforations and the calculations of local seismicity. The third, laboratory, where through tests carried out samples collected in the field, the physical and mechanical properties, each of them were determined, using the SUCS soil classification system. The last one consists in the processing of data obtained where it was possible to show the area of study is inside a deposit of lahar with soils of type SM sands badly gradated, SP Sands badly gradated with mixtures of slime and type MH inorganic silts. By counting the number of hits of the SPT, the load capacity of the soil was obtained with a safety value of 3, which gradually increase as the survey is deepened where, in the N ° 1, the geotechnical quality of the soil improves substantially to 7m with a value of Q_{adm} equal to 27 ton/m² and in probing N ° 2 to 5m with Q_{adm} equal to 11 Ton/m².

Key words: PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES, SOIL CLASSIFICATION, GEOLOGICAL SURVEY, GEOTECHNICAL STUDY.



5.5 Bibliografía

- Baby, P. R. (2004). *La cuenca oriente geología y petróleo. Institut de Recherche pour le Développement (IRD)*. Quito. p. 19.
- Badillo, E. J., & Rodríguez, A. R. (2010). *Mecánica de suelos. Tomo 1. Fundamentos de la mecánica de suelos*. México: Limusa - Noriega Editores
- Baldock, J. (1982). *Geología del Ecuador. División de investigación geológico minera*. Quito.
- Braja, M. D. (2013). *Fundamentos de la ingeniería geotécnica. (4ª. ed)*. México.
- Casanova, L. (2002). *Topografía plana (cap. 2)*. Mérida: Taller de publicaciones de Ingeniería, ULA.
- Crespo, C. V. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México: LIMUSA.
- Duarte, M. D., Dueñas, S., Zorrilla, D., Bravo, V., Peñaherrera, R., & Arboleda, N. B. (2016). *Guía práctica para la ejecución de estudios geotécnicos y trabajos de cimentación de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. Quito.
- Gonzales de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería geológica*. Madrid.
- Guerrón Andrade, A. M., & Tacuri Silva, J. L. (2012). *Analisis de la influencia del porcentaje de finos en la capacidad de carga admisible de la Cangahua en la ciudad de Quito - Ecuador*. Quito.
- Guillier, C. J. (2001). *Seismological evidence on the geometry of the orogenic system in central-northern*. Ecuador (South America). *Geophysical Research Letters*, 28(19), 3749-3752
- Jaramillo, J. P., Feijoo, D., Hurtado, H., Salvador, P., López, S., Jácome, E., & Carrión, D. (2013). *Estudio de impacto ambiental proyecto Interceptores y Unidades de Tratamiento del Sistema de Alcantarillado de la ciudad de Macas*. Macas - Ecuador.
- 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.
- Morona, E. T. (2012). *Plan Cantonal de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Macas.
- Ortiz Panchi, O. C. (2012). *Sismotectónica y riesgo sísmico en el Ecuador*. Madrid.
- Ortiz, O. C. (2012-2013). *Sismotectónica y peligrosidad sísmica en Ecuador*. Madrid.
- Patzán, J. E. (2007). *Guía práctica para el cálculo de capacidad de carga en cimentaciones superficiales, losas de cimentación, pilotes y pilas perforadas*. Guatemala.
- Rodríguez Ortiz, J. (2007). *Introducción a la mecánica del suelo. En J. Rodriguez y L. Gonzales de Vallejo (Ed.), Manual de Ingeniería Geológica*. España. pp. 1-21.
- Segarra M., M. S. (2013). *Programa de Certificación Vial Competencias Técnicas de Laboratorista en Vialidad Grado I. (1ª. ed)*. Loja: EDILOJA.
- Tschopp, H. (1953). *Oil explorations in the Oriente of Ecuador*. Suiza

Urquizo, L. F. (2014). *Geotécnia y cimentaciones. En Norma Ecuatorina de la Construcción Quito.* pp. 27-28

Ventayol, A., & Fernández, C. (2011). Medida de la energía del ensayo SPT, Correcciones a aplicar. *Geotécnia.* Barcelona - España. pp.52-54.

Wilkinson. (1982). *Ocurrencias metálicas Litherland.* Ecuador.

5.6 ANEXOS

Anexo A. Fotografías de trabajos realizados en el campo: Levantamiento topográfico, elaboración de calicatas y toma de muestras.



Levantamiento topográfico del valle en V.



Material ubicado al pie del talud.



Excavación de calicatas



Relleno de las calicatas.

Anexo B. Tablas con los registros geológicos de campo.



REGISTRO GEOLÓGICO DE CALICATAS

N°: 002

FECHA: 2017/11/16

REALIZADO POR: Mayra Córdova Carreño

UBICACIÓN		COORDENADAS	
PROVINCIA:	Morona Santiago	X	Y
CANTÓN:	Morona	9744505	820818
PARROQUIA:	Macas		
ÁREA:	Centro de Salud INNFA 24HD		
DIMENSIONES	LARGO 1 m	ANCHO 1 m	PROFUNDIDAD 2 m

PERFIL DE LA CALICATA



DESCRIPCIÓN

ESTRATO 1

Esta capa tiene un espesor de 82 cm y está compuesta por humus.

ESTRATO 2

El espesor de esta capa es de 45 cm y en su composición consta de un material arcilloso de coloración café oscuro.

ESTRATO 3

Este estrato tiene un espesor de 73 cm, está compuesto por una arcilla de color café claro con la presencia esporádica de clastos de 3 a 8 cm.

OBSERVACIONES:



REGISTRO GEOLÓGICO DE CALICATAS

Nº: 003

FECHA: 2017/11/17

REALIZADO POR: Mayra Córdova Carreño

UBICACIÓN		COORDENADAS	
PROVINCIA:	Morona Santiago	X	Y
CANTÓN:	Morona	9744558	820815
PARROQUIA:	Macas		
ÁREA:	Centro de Salud INNFA 24HD		
DIMENSIONES	LARGO	ANCHO	PROFUNDIDAD
	1 m	1 m	1.40 m

PERFIL DE LA CALICATA



DESCRIPCIÓN

ESTRATO 1

Esta capa tiene un espesor de 110 cm y está compuesta por humus y material de relleno.

ESTRATO 2

Está compuesto por materiales volcánicos producto de un lahar que pertenecen la formación Mera. El espesor de esta capa es de 30 cm.

OBSERVACIONES:



REGISTRO GEOLÓGICO DE CALICATAS

Nº: 004

FECHA: 2017/11/16

REALIZADO POR: Mayra Córdova Carreño

UBICACIÓN		COORDENADAS	
PROVINCIA:	Morona Santiago	X	Y
CANTÓN:	Morona	9744565	820769
PARROQUIA:	Macas		
ÁREA:	Centro de Salud INNFA 24HD		
DIMENSIONES	LARGO	ANCHO	PROFUNDIDAD
			3 m

PERFIL DE LA CALICATA



DESCRIPCIÓN

ESTRATO 1

En la base del talud se encuentra un perfilado de unos 3m de altura donde el material que se observó es producto de un lahar perteneciente a la formación Mera compuesto por clastos angulosos de tamaños que varían desde 2 cm a 25 cm dentro de una matriz limo arenosa.

OBSERVACIONES:



REGISTRO GEOLÓGICO DE CALICATAS

Nº: 005

FECHA: 2017/11/17

REALIZADO POR: Mayra Córdova Carreño

UBICACIÓN		COORDENADAS	
PROVINCIA:	Morona Santiago	X	Y
CANTÓN:	Morona	9744565	820769
PARROQUIA:	Macas		
ÁREA:	Centro de Salud INNFA 24HD		
DIMENSIONES	LARGO	ANCHO	PROFUNDIDAD
			3 m

PERFIL DE LA CALICATA



DESCRIPCIÓN

ESTRATO 1

El material de este perfilado está compuesto por arena limosa de coloración café claro con presencia de clastos angulosos producto de un lahar, cuyos tamaños varían desde 5 cm hasta 20 cm.

OBSERVACIONES:

Anexo C. Fotografías de los trabajos realizados en el laboratorio.



Lavado de las muestras de suelos



Tamizado de las muestras.



Ensayos de límite líquido y límite plástico.

Anexo D. Fotografías de la realización de los ensayos SPT.



Ensamblaje del equipo SPT



Muestras recuperadas para los análisis de laboratorio.



Colocación de las muestras de suelos en fundas plásticas.

Anexo E. Tablas con los resultados de los ensayos de muestras tomadas en calicatas y perfilados.

Resultados de ensayos de laboratorio: Límites de Atterberg y Granulometría.

No. Muestra	Humedad Natural	Límites de Atterberg		Índice plástico	Granulometría (%)			Clasificación
		LL	LP		Grava	Arena	Finos	
C1M1	145,95	--	NP	--	0,08	13,59	86,33	SM
C1M2	115,15	--	NP	--	7,64	43,92	48,44	SM
P1M3	49,03	50,86	33,77	7,09	3,20	42,90	43,90	MH
P2M4	64,59	51,21	42,53	7,10	13,14	39,43	47,43	MH



LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO: Estudio Geológico y Análisis Geotécnico del Centro de Salud INNFA 24HD
COORDENADAS: X= 9744501 Y= 820810
USO: TESIS

COLOR: CAFÉ MARRON
MUESTRA: C1-M1
PROFUNDI: 1,60 M

ENSAYADO POR: Mayra Córdova
FECHA DE TOMA: 16/11/2017
FECHA DE ENSAYO: 20/11/2017

ENSAYOS DE CLASIFICACION

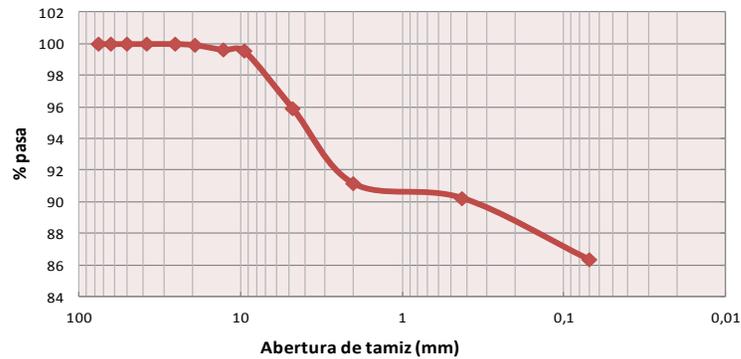
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
					100,00	
					100,00	
		-			100,00	
		-			100,00	
3/8"	9,5		0,0	0,00	100,00	
Nº 4	4,75	0,20	0,2	0,08	99,92	
Nº 8	2,36	0,80	1,0	0,38	99,62	
Nº 10	9,52	0,20	1,2	0,46	99,54	
Nº40	0,42	9,60	10,8	4,12	95,88	
Nº50	0,30	4,60	15,4	5,88	94,12	
Nº80	0,18	7,80	23,2	8,86	91,14	
Nº100	0,15	2,40	25,6	9,77	90,23	
Nº200	0,075	10,20	35,8	13,67	86,33	
< Nº200			226,1	86,33		
TOTAL			261,94			

PESO ANTES DEL LAVADO= 261,94 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 35,80 gr

ÁRIDO	%
GRAVA	0,08 %
ARENA	13,59 %
FINOS	86,33 %

CURVA GRANULOMETRICA

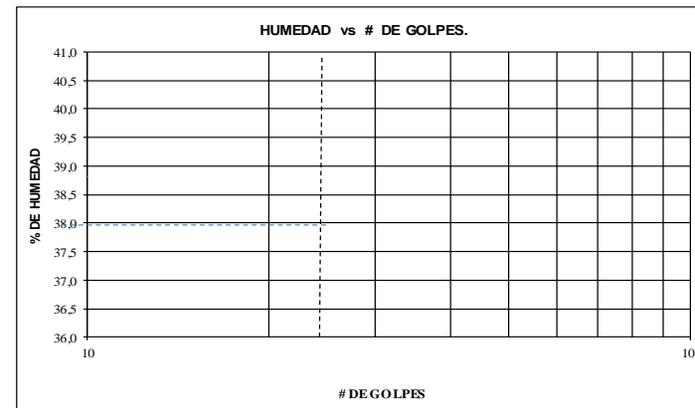


HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD PROM
35		121,83	65,32	26,44	145,34
23		117,39	63,97	27,52	146,56

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)



CLASIFICACION:

SUCS SM
 AASTHO A-5
 HUMEDAD NATURAL 145,95 %
 LIMITE LIQUIDO: 0,00 %
 LIMITE PLASTICO: 0,00
 INDICE PLASTICO: 0,00
 INDICE DE GRUPO: 0,00



LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO: Estudio Geológico y Análisis Geotécnico del Centro de Salud INNFA 24HD
 COORDENADAS: X= 9744501 Y= 820810
 USO: TESIS

COLOR: CAFÉ
 MUESTRA : C1-M2
 PROFUNDID. 2,0 M

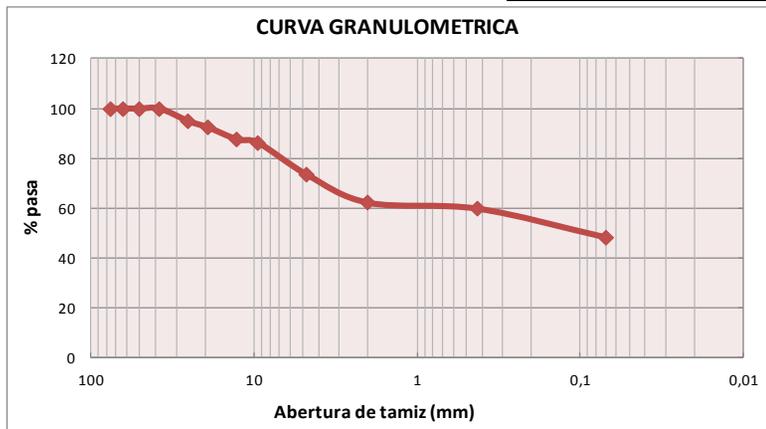
ENSAYADO POR: Mayra Córdova
 FECHA DE TOMA: 16/11/2017
 FECHA DE ENSAYO: 20/11/2017

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
					100,00	
					100,00	
					100,00	
1/2"	12,5	-	0,0	0,00	100,00	
3/8"	9,5	4,20	4,2	5,01	94,99	
N° 4	4,75	2,20	6,4	7,64	92,36	
N° 8	2,36	4,00	10,4	12,41	87,59	
N° 10	9,52	1,00	11,4	13,61	86,39	
N°40	0,42	10,80	22,2	26,50	73,50	
N°50	0,30	3,40	25,6	30,56	69,44	
N°80	0,18	6,00	31,6	37,72	62,28	
N°100	0,15	2,00	33,6	40,11	59,89	
N°200	0,075	9,60	43,2	51,56	48,44	
< N°200			40,6	48,44		
TOTAL			83,78			

PESO ANTES DEL LAVADO= 83,78 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 43,20 gr

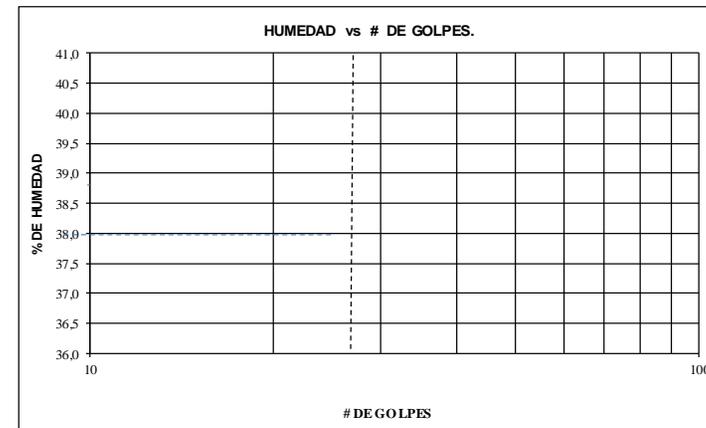
	ÁRIDO	%
	GRAVA	7,64 %
	ARENA	43,92 %
	FINOS	48,44 %



HUMEDAD NATURAL(ASTM D2216)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
39		128,66	74,14	27,66	117,30	
40		104,70	64,21	28,38	113,01	115,15

LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)

LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)



CLASIFICACION:

SUCS	SM
AASTHO	A-5
HUMEDAD NATURAL:	115,15 %
LIMITE LIQUIDO:	0,00 %
LIMITE PLASTICO:	0,00
INDICE PLASTICO:	0,00
INDICE DE GRUPO:	0,00



LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO: Estudio Geológico y Análisis Geotécnico del Centro de Salud INNFA 24HD
 COORDENADAS: X= 9744565 Y= 820769
 USO: TESIS

COLOR: CAFÉ CLARO
 MUESTRA : P1-M3
 PROFUNDID. 3,50 M

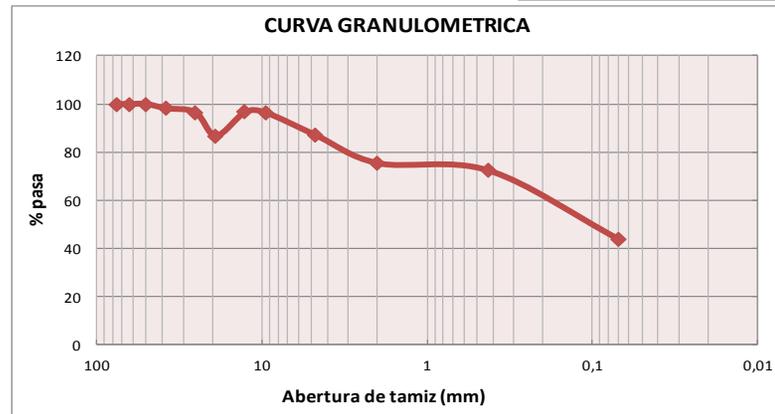
ENSAYADO POR: Mayra Córdova
 FECHA DE TOMA: 16/11/2017
 FECHA DE ENSAYO: 20/11/2017

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

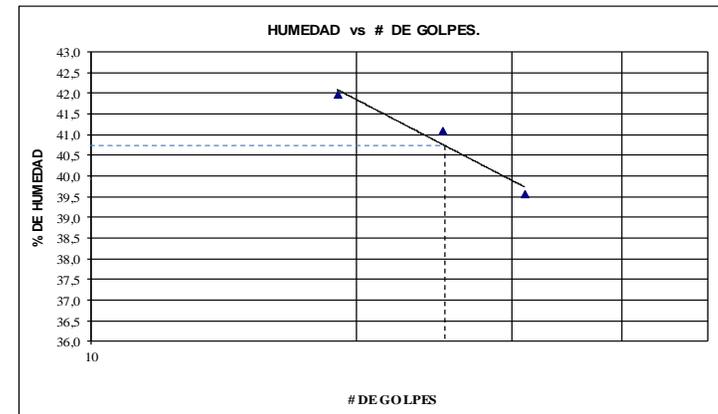
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
					100,00	
					100,00	
3/4"	19,00	-	0,0	0,00	100,00	
1/2"	12,5	5,00	4,0	1,82	98,18	
3/8"	9,5	2,60	7,6	3,45	96,55	
N° 4	4,75	0,30	6,9	13,20	86,80	
N° 8	2,36	0,60	7,4	3,36	96,64	
N° 10	9,52	0,60	8,0	3,63	96,37	
N°40	0,42	20,50	28,5	12,94	87,06	
N°50	0,30	8,60	37,4	16,98	83,02	
N°80	0,18	16,80	54,2	24,60	75,40	
N°100	0,15	6,80	61,0	27,69	72,31	
N°200	0,075	10,20	71,2	32,32	43,90	
< N°200			138,0	43,90		
TOTAL			220,3			

PESO ANTES DEL LAVADO= 220,30 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 71,20 gr

ÁRIDO	%
GRAVA	13,20 %
ARENA	42,90 %
FINOS	43,90 %



HUMEDAD NATURAL(ASTM D2216)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
25		143,52	110,37	28,38	40,43	
26		154,54	120,02	28,30	37,64	39,03
LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)						
39	31	50,84	44,27	27,66	39,55	
40	22	49,19	43,13	28,38	41,08	
41	15	46,03	40,30	26,64	41,95	
						50,86
LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)						
22		18,15	16,97	13,51	34,10	
24		17,79	16,65	13,24	33,43	
						33,77



CLASIFICACION:

SUCS

AASTHO

HUMEDAD NATURAL:

LIMITE LIQUIDO:

LIMITE PLASTICO:

INDICE PLASTICO:

INDICE DE GRUPO:

MH

A-5

39,03 %

50,86 %

33,77

17,09

0,00



LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO: Estudio Geológico y Análisis Geotécnico del Centro de Salud INNFA 24HD
 COORDENADAS: X= 9744565 Y= 820769
 USO: TESIS

COLOR: CAFÉ CLARO
 MUESTRA : P2-M4
 PROFUNDID, 2,50 M

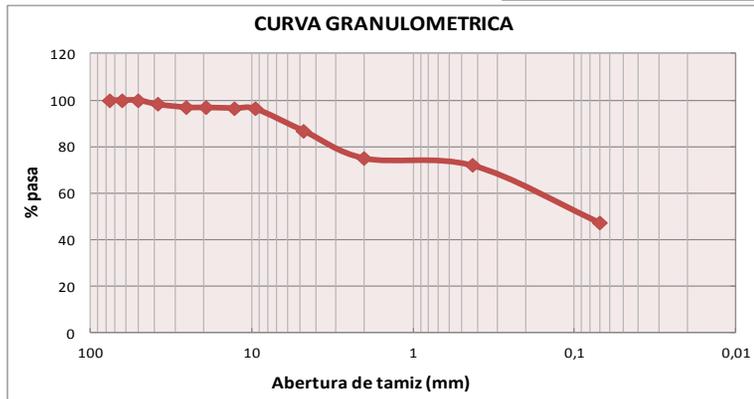
ENSAYADO POR: Mayra Córdova
 FECHA DE TOMA: 22/11/2017
 FECHA DE ENSAYO: 22/11/2017

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

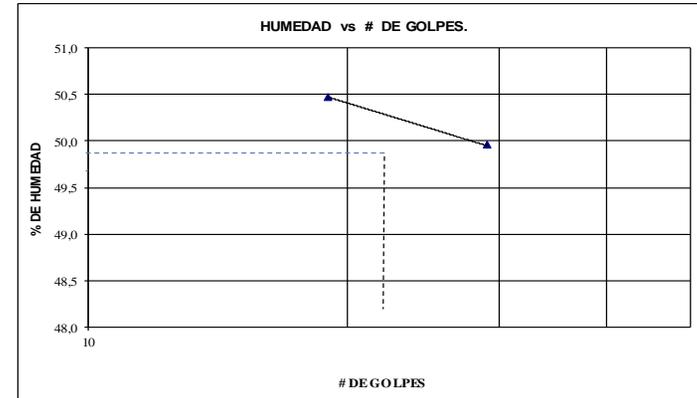
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
					100,00	
					100,00	
3/4"	19,00	-	0,0	0,00	100,00	
1/2"	12,5	4,00	4,0	1,84	98,16	
3/8"	9,5	2,60	6,6	3,04	96,96	
N° 4	4,75	0,20	6,8	3,14	96,86	
N° 8	2,36	0,60	7,4	3,41	96,59	
N° 10	9,52	0,60	8,0	3,69	96,31	
N°40	0,42	20,80	28,8	13,28	86,72	
N°50	0,30	8,60	37,4	17,25	82,75	
N°80	0,18	16,80	54,2	24,99	75,01	
N°100	0,15	6,80	61,0	28,13	71,87	
N°200	0,075	53,00	114,0	52,57	47,43	
< N°200			112,9	47,43		
TOTAL			216,9			

PESO ANTES DEL LAVADO= 216,90 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 114,00 gr

ÁRIDO	%
GRAVA	13,14 %
ARENA	39,43 %
FINOS	47,43 %



HUMEDAD NATURAL(ASTM D2216)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
33		128,88	89,33	28,27	64,77	
34		129,40	90,01	28,86	64,42	64,59
LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)						
42	19	47,63	40,45	26,50	50,47	
43	29	46,03	39,96	27,01	49,95	
					51,21	
LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)						
41		15,15	13,79	10,61	42,77	
42		17,94	16,76	13,97	42,29	
					42,53	



CLASIFICACION:
SUCS MH
AASTHO A-5
 HUMEDAD NATURAL: 64,59 %
 LIMITE LIQUIDO: 51,21 %
 LIMITE PLASTICO: 42,53
 INDICE PLASTICO: 8,68
 INDICE DE GRUPO: 0,00

Resultados de ensayos de laboratorio: Gravedad específica.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO

PROYECTO TESIS

SECTOR : Centro de Salud INNFA 24HD

MUESTRA No.: C1M1

FECHA DE ENSAYO :

01/11/2017

ENSAYADO POR:

Mayra Córdova

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL Suelo

GRAVEDAD ESPECÍFICA

AGREGADO GRUESO

Materia que pasa el tamíz N° 3/8" y es retenido en el tamiz n° 200

"A" peso en el aire de la muestra secada al horno	<u>372,6</u>	gr
"B" peso en el aire de la muestra saturada	<u>500,0</u>	gr
"C" peso en el agua de la muestra saturada	<u>198,2</u>	gr

Gravedad Específica de la masa:	$\frac{A}{B-C}$	=	$\frac{372,6}{500 - 198,2}$	=	1,235
Gravedad Específica s.s.s	$\frac{B}{B-C}$	=	$\frac{500}{500 - 198,2}$	=	1,657
Gravedad Específica aparente	$\frac{A}{A-C}$	=	$\frac{372,6}{372,6 - 198,2}$	=	2,136
% de absorción	$\frac{B-A}{A} \times 100$	=	$\frac{500 - 372,6}{372,6}$	=	34,19



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO

PROYECTO TESIS

SECTOR : Centro de Salud INNFA 24HD

MUESTRA No.: C1M2

FECHA DE ENSAYO :

01/11/2017

ENSAYADO POR:

Mayra Córdova

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

Suelo

GRAVEDAD ESPECÍFICA

AGREGADO GRUESO

Materia que pasa el tamiz N° <u>3/8"</u> y es retenido en el tamiz n° <u>200</u>	
"A" peso en el aire de la muestra secada al horno	<u>352</u> gr
"B" peso en el aire de la muestra saturada	<u>500,0</u> gr
"C" peso en el agua de la muestra saturada	<u>106</u> gr

Gravedad Específica de la masa:	$\frac{A}{B-C} = \frac{352}{500 - 105,6} =$	0,892
Gravedad Específica s.s.s	$\frac{B}{B-C} = \frac{500}{500 - 105,6} =$	1,268
Gravedad Específica aparente	$\frac{A}{A-C} = \frac{352}{352 - 105,6} =$	1,429
% de absorción	$\frac{B-A}{A} \times 100 = \frac{500 - 352}{352} =$	42,05



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO

PROYECTO TESIS

SECTOR : Centro de Salud INNFA 24HD

MUESTRA No.: P1M3

FECHA DE ENSAYO :

01/11/2017

ENSAYADO POR:

Mayra Córdova

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

Suelo

GRAVEDAD ESPECÍFICA

AGREGADO GRUESO

Materia que pasa el tamiz N°	<u>3/8"</u>	y es retenido en el tamiz n°	<u>200</u>	
"A" peso en el aire de la muestra secada al horno			<u>461</u>	gr
"B" peso en el aire de la muestra saturada			<u>500,0</u>	gr
"C" peso en el agua de la muestra saturada			<u>284,6</u>	gr

Gravedad Específica de la masa:	$\frac{A}{B-C}$	=	$\frac{461}{500 - 284,6}$	=	2,140
Gravedad Específica s.s.s	$\frac{B}{B-C}$	=	$\frac{500}{500 - 284,6}$	=	2,321
Gravedad Específica aparente	$\frac{A}{A-C}$	=	$\frac{461}{461 - 284,6}$	=	2,613
% de absorción	$\frac{B-A}{A} \times 100$	=	$\frac{500 - 461}{461}$	=	8,46



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO

PROYECTO TESIS

SECTOR : Centro de Salud INNFA 24HD

FECHA DE ENSAYO :

01/11/2017

MUESTRA No.: P2M4

ENSAYADO POR:

Mayra Córdova

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL suelo

GRAVEDAD ESPECÍFICA

AGREGADO GRUESO

Materia que pasa el tamiz N° <u>3/4"</u> y es retenido en el tamiz n° <u>200</u>	
"A" peso en el aire de la muestra secada al horno	<u>438,6</u> gr
"B" peso en el aire de la muestra saturada	<u>500,0</u> gr
"C" peso en el agua de la muestra saturada	<u>255,2</u> gr

Gravedad Específica de la masa:	$\frac{A}{B-C} = \frac{438,6}{500 - 255,2} = 1,792$
Gravedad Específica s.s.s	$\frac{B}{B-C} = \frac{500}{500 - 255,2} = 2,042$
Gravedad Específica aparente	$\frac{A}{A-C} = \frac{438,6}{438,6 - 255,2} = 2,391$
% de absorción	$\frac{B-A}{A} \times 100 = \frac{500 - 438,6}{438,6} = 14,00$



ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO: Estudio Geológico y Análisis Geotécnico del Centro de Salud INNFA 24HD

UBICACIÓN: Parroquia Macas, cantón Morona, provincia Morona Santiago

USO: TESIS

POZO: 1
PROFUNDID. 0,0 - 0,5

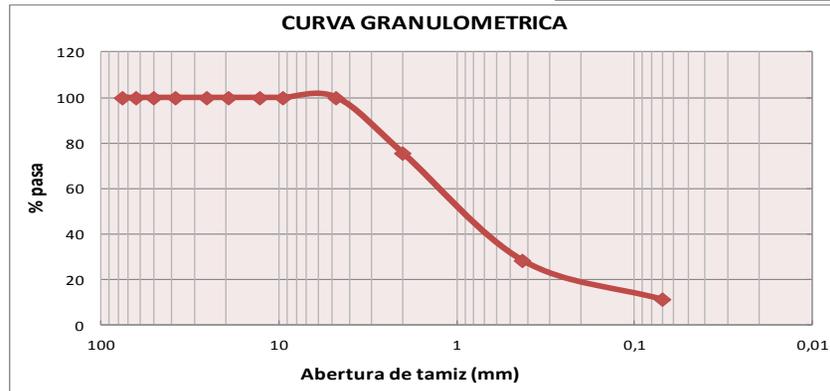
FECHA DE TOMA: 13/12/2017
FECHA DE ENSAYO: 20/12/2017

ENSAYOS DE CLASIFICACION

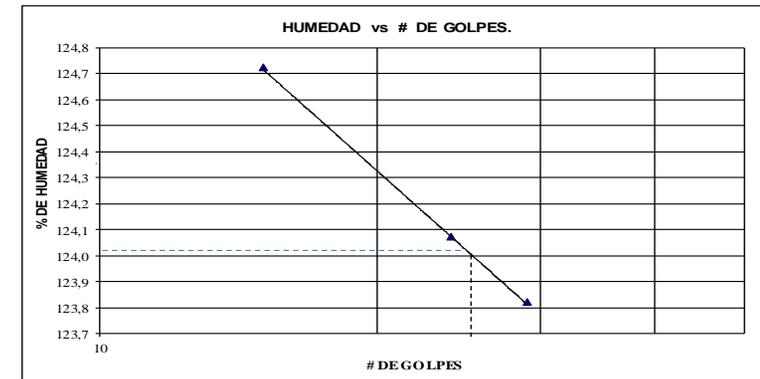
GRANULOMETRÍA (ASTM 422)					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
				100,00	
				100,00	
				100,00	
				100,00	
1	25	0,0	0,0	100,00	
3/4"	19	0,0	0,0	100,00	
1/2"	12,5	0,0	0,0	100,00	
3/8"	9,5	0,0	0,0	100,00	
N°4	4,75	0,0	0,0	100,00	
N°10	2	6,80	24,7	75,30	
N°40	0,425	19,80	71,8	28,20	
N°200	0,075	24,50	88,8	11,20	
< N°200		3,10	11,2		
TOTAL		27,60			

PESO ANTES DEL LAVADO= 27,60 gr
PESO DESPUES DEL LAVADO= 24,50 gr

ÁRIDO	%
GRAVA	0,00 %
ARENA	88,80 %
FINOS	11,20 %



HUMEDAD NATURAL(ASTM 136-04)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
1		150,92	109,76	82,12	148,91	
						148,91
LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)						
48	15	16,82	11,22	6,73	124,72	
F	24	16,90	11,23	6,66	124,07	
C	29	16,66	11,15	6,70	123,82	
						124,02
LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)						
52		11,91	9,49	6,72	87,36	
9		12,33	9,75	6,82	88,05	
						87,71



CLASIFICACION:

SUCS

AASTHO

HUMEDAD NATURAL:

LIMITE LIQUIDO:

LIMITE PLASTICO:

INDICE PLASTICO:

INDICE DE GRUPO:

SP-SM

A-2-7

148,91 %

124,02 %

87,71

36,32

0,00



ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO: Estudio Geológico y Análisis Geotécnico del Centro de Salud INNFA 24HD

UBICACIÓN: Parroquia Macas, cantón Morona, provincia Morona Santiago

USO: TESIS

POZO: 1

PROFUNDID. 1,0 - 1,5

FECHA DE TOMA: 13/12/2017

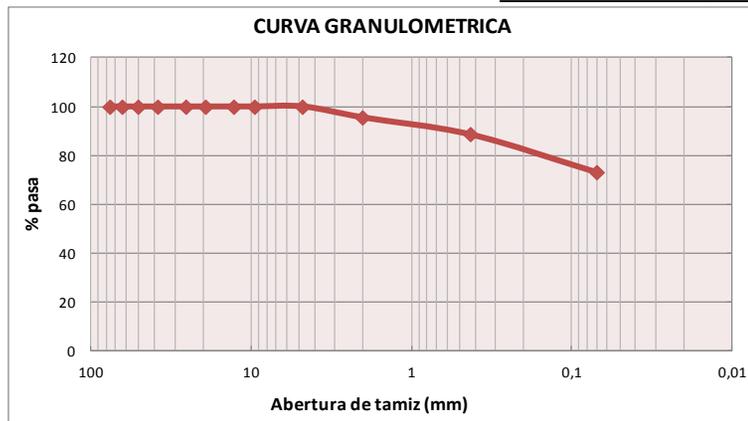
FECHA DE ENSAYO: 20/12/2017

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

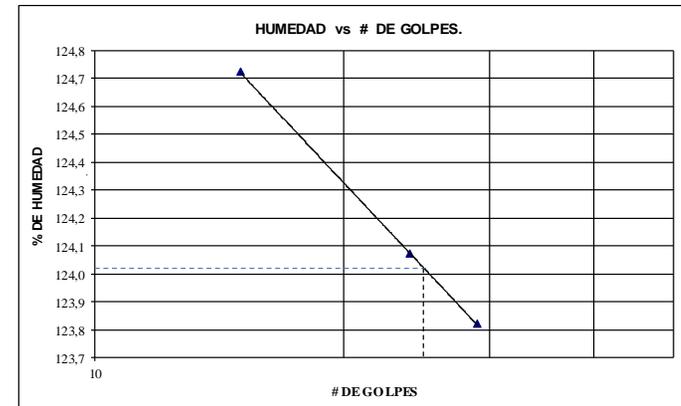
GRANULOMETRÍA (ASTM 422)					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
				100,00	
				100,00	
				100,00	
			0,0	100,00	
1	25	0,0	0,0	100,00	
3/4"	19	0,0	0,0	100,00	
1/2"	12,5	0,0	0,0	100,00	
3/8"	9,5	0,0	0,0	100,00	
N°4	4,75	1,4	2,1	97,90	
N°10	2	3,00	4,5	95,50	
N°40	0,425	7,70	11,5	88,50	
N°200	0,075	17,90	26,9	73,10	
< N°200		48,90	73,1		
TOTAL		66,80			

PESO ANTES DEL LAVADO= 66,80 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 17,90 gr

ÁRIDO	%
GRAVA	2,10 %
ARENA	24,70 %
FINOS	73,10 %



HUMEDAD NATURAL (ASTM 136-04)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
1		186,00	146,26	79,47	59,50	59,50
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)						
48	15	16,82	11,22	6,73	124,72	
F	24	16,90	11,23	6,66	124,07	
C	29	16,66	11,15	6,70	123,82	
						124,02
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
52		11,91	9,49	6,72	87,36	
9		12,33	9,75	6,82	88,05	
						87,71



CLASIFICACION:

SUCS

MH

AASTHO

A-7-5

HUMEDAD NATURAL: 59,50 %

LIMITE LIQUIDO: 124,02 %

LIMITE PLASTICO: 87,71

INDICE PLASTICO: 36,32

INDICE DE GRUPO: 39,00



ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO: Estudio Geológico y Análisis Geotécnico del Centro de Salud INNFA 24HD

UBICACIÓN: Parroquia Macas, cantón Morona, provincia Morona Santiago

USO: TESIS

POZO: 1

PROFUNDID. 2,0 - 2,5

FECHA DE TOMA: 13/12/2017

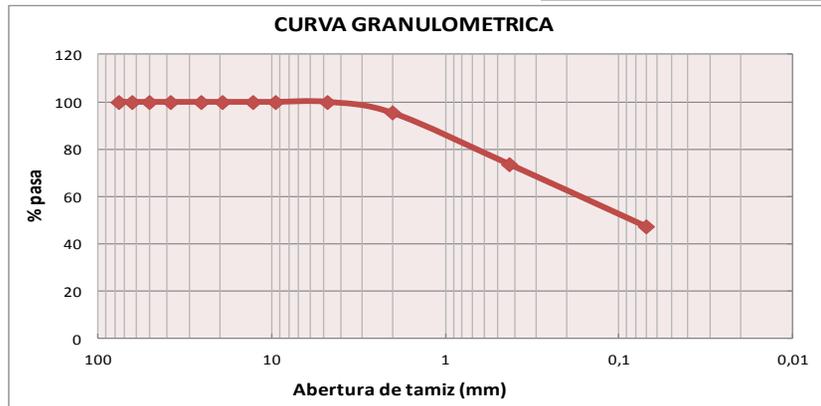
FECHA DE ENSAYO: 20/12/2017

ENSAYOS DE CLASIFICACION

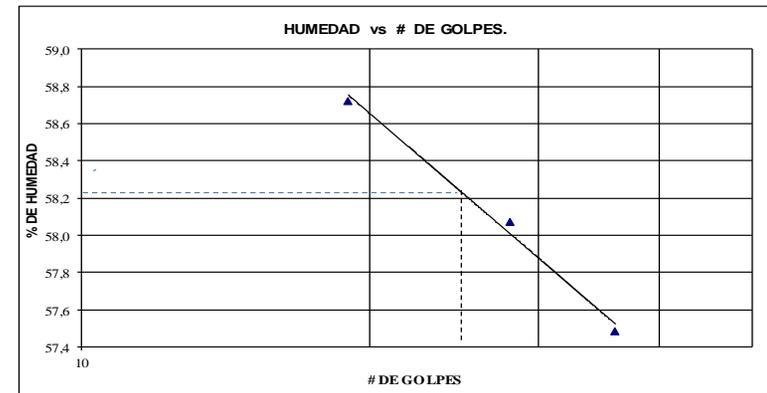
GRANULOMETRÍA (ASTM 422)					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
				100,00	
				100,00	
				100,00	
				100,00	
			0,0	100,00	
1	25	0,0	0,0	100,00	
3/4"	19	0,0	0,0	100,00	
1/2"	12,5	0,0	0,0	100,00	
3/8"	9,5	0,0	0,0	100,00	
N°4	4,75	0,0	0,0	100,00	
N°10	2	2,00	4,8	95,20	
N°40	0,425	11,20	26,6	73,40	
N°200	0,075	22,20	52,8	47,20	
< N°200		19,90	47,2		
TOTAL		42,10			

PESO ANTES DEL LAVADO= 42,10 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 22,20 gr

ÁRIDO	%
GRAVA	0,00 %
ARENA	52,80 %
FINOS	47,20 %



HUMEDAD NATURAL (ASTM 136-04)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
1		134,90	106,00	63,88	68,61	
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)						
8	19	20,12	15,14	6,66	58,73	
43	28	20,44	15,37	6,64	58,08	
43	36	21,05	15,79	6,64	57,49	
						58,24
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
44		13,71	11,33	6,81	52,65	
47		13,93	11,43	6,66	52,41	
						52,53



CLASIFICACION:

SUCS

AASTHO

HUMEDAD NATURAL:

LIMITE LIQUIDO:

LIMITE PLASTICO:

INDICE PLASTICO:

INDICE DE GRUPO:

SM

A-5

68,61 %

58,24 %

52,53

5,71

2,00



ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO: Estudio Geológico y Análisis Geotécnico del Centro de Salud INNFA 24HD

UBICACIÓN: Parroquia Macas, cantón Morona, provincia Morona Santiago

USO: TESIS

POZO: 1	FECHA DE TOMA: 13/12/2017
PROFUNDID. 3,0 - 3,5	FECHA DE ENSAYO: 20/12/2017

ENSAYOS DE CLASIFICACION

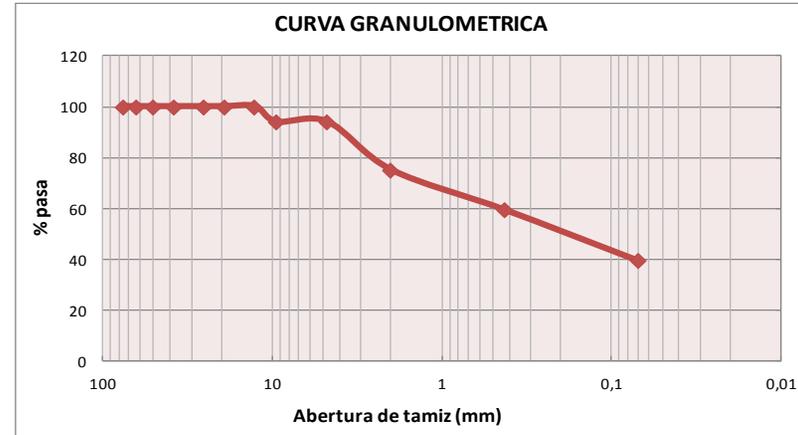
GRANULOMETRÍA (ASTM 422)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
				100,00	
				100,00	
				100,00	
			0,0	100,00	
1	25	0,00	0,0	100,00	
3/4"	19	0,00	0,0	100,00	
1/2"	12,5	4,81	6,0	94,00	
3/8"	9,5	4,81	6,0	94,00	
N°4	4,75	15,20	19,0	81,00	
N°10	2	19,80	24,8	75,20	
N°40	0,425	32,40	40,5	59,50	
N°200	0,075	48,20	60,3	39,70	
< N°200		31,70	39,7		
TOTAL		79,90			

PESO ANTES DEL LAVADO= 42,10 gr
PESO DESPUES DEL LAVADO= 48,20 gr

ÁRIDO	%
GRAVA	19,00 %
ARENA	41,30 %
FINOS	39,70 %

CURVA GRANULOMETRICA





ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO: Estudio Geológico y Análisis Geotécnico del Centro de Salud INNFA 24HD
UBICACIÓN: Parroquia Macas, cantón Morona, provincia Morona Santiago
USO: TESIS

POZO: 1
PROFUNDID. 4,0 - 4,5

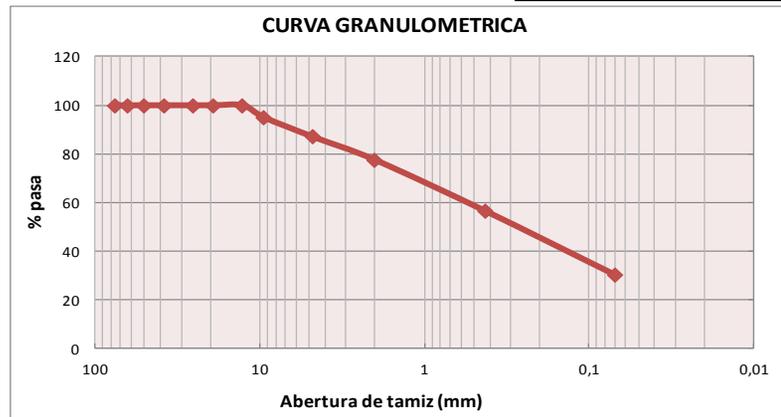
FECHA DE TOMA: 13/12/2017
FECHA DE ENSAYO: 20/12/2017

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

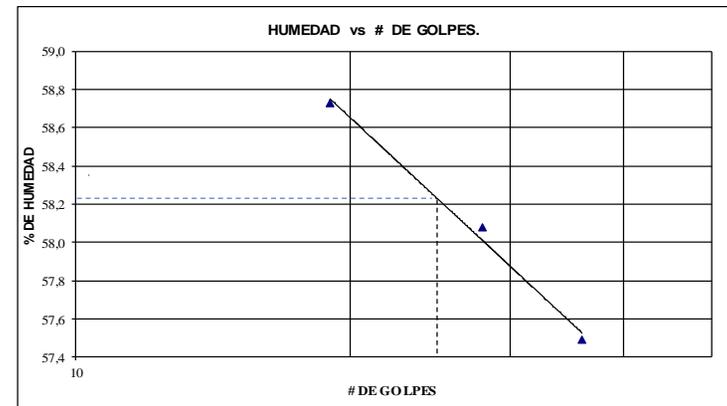
GRANULOMETRÍA (ASTM 422)					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
				100,00	
				100,00	
				100,00	
				100,00	
1	25	0,0	0,0	100,00	
3/4"	19	0,0	0,0	100,00	
1/2"	12,5	3,4	4,9	95,10	
3/8"	9,5	9,2	13,0	87,00	
N°4	4,75	11,2	15,8	84,20	
N°10	2	16,0	22,5	77,50	
N°40	0,425	30,9	43,6	56,40	
N°200	0,075	49,3	69,7	30,30	
< N°200		21,5	30,3		
TOTAL		70,8			

PESO ANTES DEL LAVADO= 70,80 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 49,30 gr

ÁRIDO	%
GRAVA	15,80 %
ARENA	53,90 %
FINOS	30,30 %



HUMEDAD NATURAL(ASTM 136-04)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
1		176,8	135,2	64,4	58,8	58,76
LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)						
8	19	20,12	15,14	6,66	58,73	
43	28	20,44	15,37	6,64	58,08	
43	36	21,05	15,79	6,64	57,49	58,24
LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)						
44		13,71	11,33	6,81	52,65	
47		13,93	11,43	6,66	52,41	52,53



CLASIFICACION:

SUCS SM
AASTHO A-2-5
 HUMEDAD NATURAL: 58,76 %
 LIMITE LIQUIDO: 58,24 %
 LIMITE PLASTICO: 52,53
 INDICE PLASTICO: 5,71
 INDICE DE GRUPO: 0,00



ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO: Estudio Geológico y Análisis Geotécnico del Centro de Salud INNFA 24HD

UBICACIÓN: Parroquia Macas, cantón Morona, provincia Morona Santiago

USO: TESIS

POZO: 1

PROFUNDIS. 5,0 - 5,5

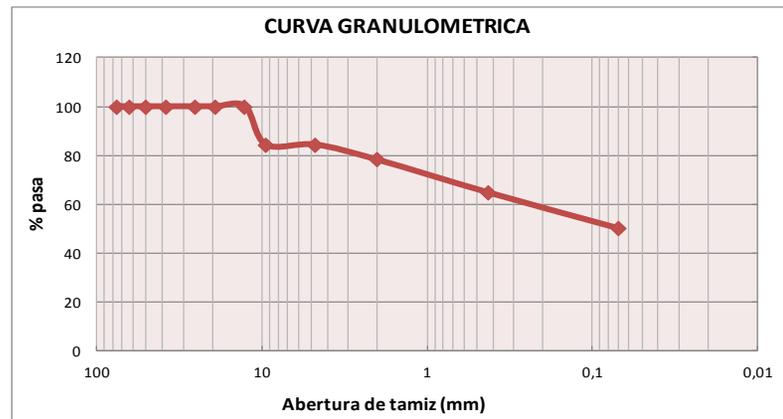
FECHA DE TOMA: 13/12/2017

FECHA DE ENSAYO: 20/12/2017

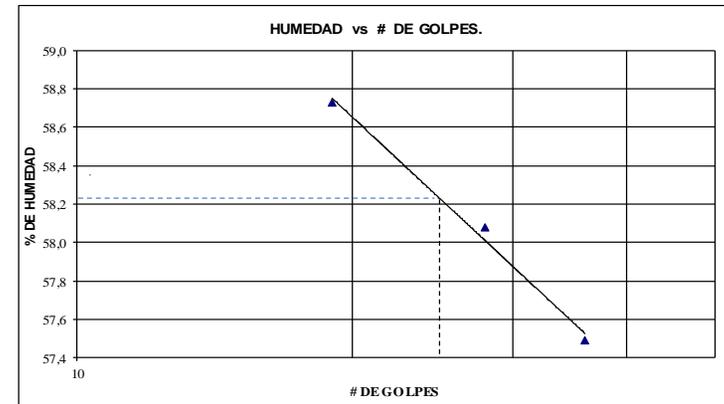
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA (ASTM 422)					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
				100,00	
				100,00	
				100,00	
				100,00	
1	25	0,0	0,0	100,00	
3/4"	19	0,0	0,0	100,00	
1/2"	12,5	13,04	15,6	84,40	
3/8"	9,5	13,0	15,6	84,40	
N°4	4,75	15,2	18,1	81,90	
N°10	2	18,3	21,8	78,20	
N°40	0,425	29,5	35,2	64,80	
N°200	0,075	41,7	49,7	50,30	
< N°200		42,1	50,3		
TOTAL		83,8			

PESO ANTES DEL LAVADO=	83,80 gr	ÁRIDO	%
PESO DESPUES DEL LAVADO=	41,70 gr	GRAVA	18,10 %
		ARENA	31,60 %
		FINOS	50,30 %



HUMEDAD NATURAL (ASTM 136-04)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
1		184,0	140,7	56,9	51,7	
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)						
8	19	20,12	15,14	6,66	58,73	
43	28	20,44	15,37	6,64	58,08	
43	36	21,05	15,79	6,64	57,49	
58,40						
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
44		13,71	11,33	6,81	52,65	
47		13,93	11,43	6,66	52,41	
52,53						



CLASIFICACION:

SUCS

AASTHO

HUMEDAD NATURAL:

LIMITE LIQUIDO:

LIMITE PLASTICO:

INDICE PLASTICO:

INDICE DE GRUPO:

MH

A-5

51,67 %

58,40 %

52,53

5,87

3,00



ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO: Estudio Geológico y Análisis Geotécnico del Centro de Salud INNFA 24HD

UBICACIÓN: Parroquia Macas, cantón Morona, provincia Morona Santiago

USO: TESIS

POZO: 1

PROFUNDIS. 6,0 - 6,5

FECHA DE TOMA: 13/12/2017

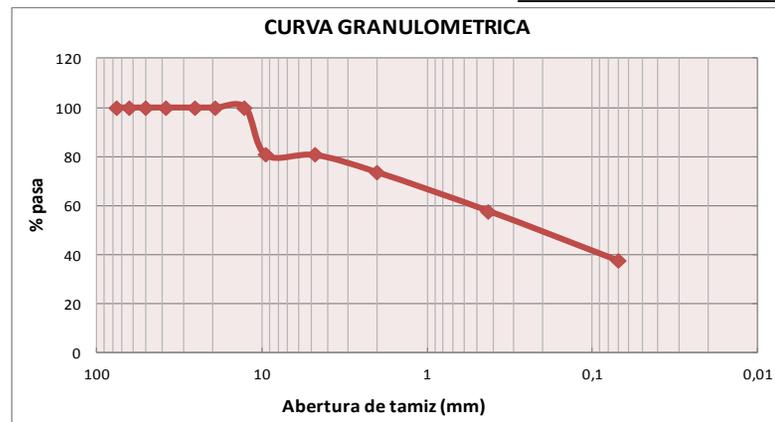
FECHA DE ENSAYO: 20/12/2017

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

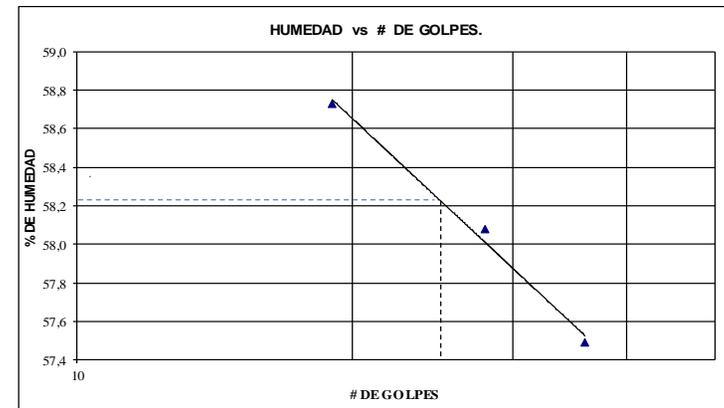
GRANULOMETRÍA (ASTM 422)					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
				100,00	
				100,00	
				100,00	
				100,00	
			0,0	100,00	
			0,0	100,00	
1	25	0,0	0,0	100,00	
3/4"	19	0,0	0,0	100,00	
1/2"	12,5	15,83	19,4	80,60	
3/8"	9,5	15,8	19,4	80,60	
N°4	4,75	19,8	24,2	75,80	
N°10	2	21,7	26,5	73,50	
N°40	0,425	34,5	42,3	57,70	
N°200	0,075	51,1	62,5	37,50	
< N°200		30,6	37,5		
TOTAL		81,7			

PESO ANTES DEL LAVADO= 81,70 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 51,10 gr

ÁRIDO	%
GRAVA	24,20 %
ARENA	38,30 %
FINOS	37,50 %



HUMEDAD NATURAL (ASTM 136-04)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
1		184,0	140,7	56,9	51,7	51,67
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)						
8	19	20,12	15,14	6,66	58,73	
43	28	20,44	15,37	6,64	58,08	
43	36	21,05	15,79	6,64	57,49	58,24
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
44		13,71	11,33	6,81	52,65	
47		13,93	11,43	6,66	52,41	52,53



CLASIFICACION:

SUCS

SM

AASHTO

A-5

HUMEDAD NATURAL: 51,67 %

LIMITE LIQUIDO: 58,24 %

LIMITE PLASTICO: 52,53

INDICE PLASTICO: 5,71

INDICE DE GRUPO: 0,00



ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO: Estudio Geológico y Análisis Geotécnico del Centro de Salud INNFA 24HD

UBICACIÓN: Parroquia Macas, cantón Morona, provincia Morona Santiago

USO: TESIS

POZO: 1
PROFUNDID. 7,0 - 7,5

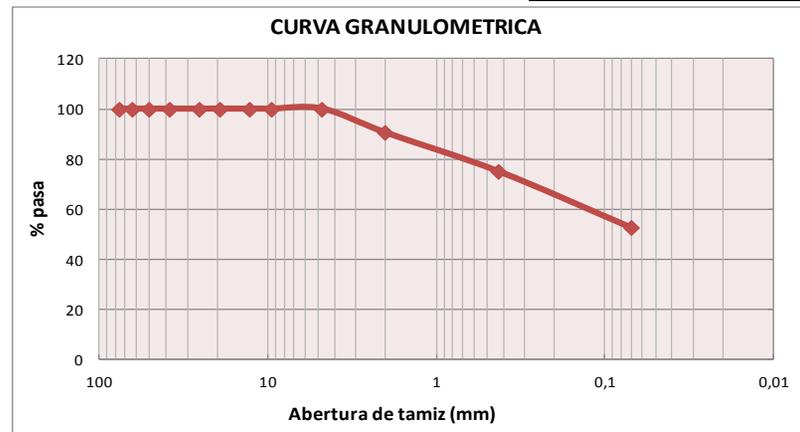
FECHA DE TOMA: 13/12/2017
FECHA DE ENSAYO: 20/12/2017

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

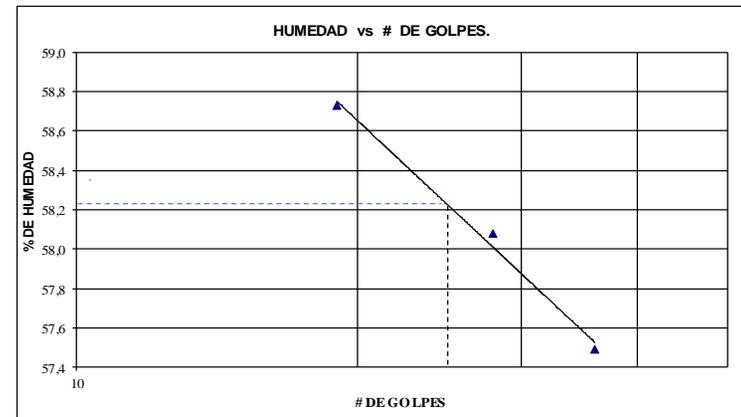
GRANULOMETRÍA (ASTM 422)					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
				100,00	
				100,00	
				100,00	
				100,00	
			0,0	100,00	
1	25	0,0	0,0	100,00	
3/4"	19	0,0	0,0	100,00	
1/2"	12,5	0,00	0,0	100,00	
3/8"	9,5	0,0	0,0	100,00	
N°4	4,75	2,4	4,4	95,60	
N°10	2	5,3	9,6	90,40	
N°40	0,425	14,0	25,2	74,80	
N°200	0,075	26,4	47,6	52,40	
< N°200		29,1	52,4		
TOTAL		55,5			

PESO ANTES DEL LAVADO= 55,50 gr
PESO DESPUES DEL LAVADO= 26,40 gr

ÁRIDO	%
GRAVA	4,40 %
ARENA	43,20 %
FINOS	52,40 %



HUMEDAD NATURAL(ASTM 136-04)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
1		158,0	136,3	80,8	39,1	
						39,10
LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)						
8	19	20,12	15,14	6,66	58,73	
43	28	20,44	15,37	6,64	58,08	
43	36	21,05	15,79	6,64	57,49	
						58,24
LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)						
44		13,71	11,33	6,81	52,65	
47		13,93	11,43	6,66	52,41	
						52,53



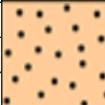
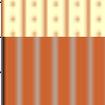
CLASIFICACION:

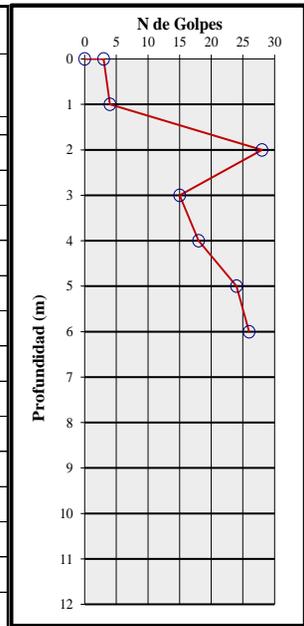
SUCS **MH**
 AASTHO **A-5**
 HUMEDAD NATURAL: **39,10 %**
 LIMITE LIQUIDO: **58,24 %**
 LIMITE PLASTICO: **52,53**
 INDICE PLASTICO: **5,71**
 INDICE DE GRUPO: **3,00**

PERFORACIÓN SPT N° 02

PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO: Tesis
 UBICACIÓN: Macas - centro de salud INNFA 24HD
 PERFORACIÓN: POZO No. 2
 FECHA: 13/12/2017

PROFUND. (m)	MUESTREO					CLASIFICACIÓN		TAMAÑO PARTÍCULAS % QUE PASA						LIMITES ATTERBERG			Q ad (T/m ²)
	ID	TIPO	N SPT	W%	SIMB	SUCS	ASSTHO	1/2	3/8	#4	#10	#40	#200	LL	LP	IP	
0,00																	
0,00	M1	A	3	191		SP	A-2-7	100	100	100	72	26	12	0	0	0,0	0,8
1,00	M2	A	4	220		SP	A-2-7	100	100	100	58	23	5	118	89	29,6	1,3
2,00	M3	A	28	260		SM	A-2-7	100	100	98	91	51	26	118	89	29,6	13,2
3,00	M4	A	15	148		SM	A-2-5	100	100	100	86	34	12	57	50	6,8	6,7
4,00	M5	A	18	41		MH	A-5	100	100	100	10	98	88	57	50	6,8	8,2
5,00	M6	A	24	59		MH	A-5	100	94	92	90	84	62	57	50	6,8	11,2
6,00	M7	A	26	33		MH	A-5	94	94	88	82	69	54	57	50	6,8	12,2



TIPO DE MUESTREO :

ALTERADO	A
SHELBY	S
BLOQUE	B



SM Arena limosa.



MH Limo inorgánico



SP Arena mal graduada.



ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO: Estudio Geológico y Análisis Geotécnico del Centro de Salud INNFA 24HD

UBICACIÓN: Parroquia Macas, cantón Morona, provincia Morona Santiago

USO: TESIS

POZO: 2
PROFUNDID. 0,0 - 0,5

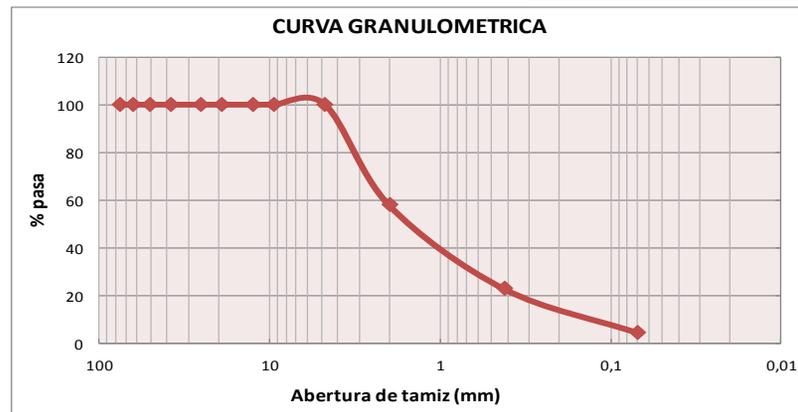
FECHA DE TOMA: 13/12/2017
FECHA DE ENSAYO: 20/12/2017

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA (ASTM 422)					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
				100,00	
				100,00	
				100,00	
				100,00	
			0,0	100,00	
1	25	0,0	0,0	100,00	
3/4"	19	0,0	0,0	100,00	
1/2"	12,5	0,00	0,0	100,00	
3/8"	9,5	0,0	0,0	100,00	
N°4	4,75	0,0	0,0	100,00	
N°10	2	8,7	42,1	57,90	
N°40	0,425	15,9	77,0	23,00	
N°200	0,075	19,7	95,4	4,60	
< N°200		1,0	4,6		
TOTAL		20,7			

PESO ANTES DEL LAVADO= 20,70 gr
PESO DESPUES DEL LAVADO= 19,70 gr

ÁRIDO	%
GRAVA	0,00 %
ARENA	95,40 %
FINOS	4,60 %





ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO: Estudio Geológico y Análisis Geotécnico del Centro de Salud INNFA 24HD
UBICACIÓN: Parroquia Macas, cantón Morona, provincia Morona Santiago
USO: TESIS

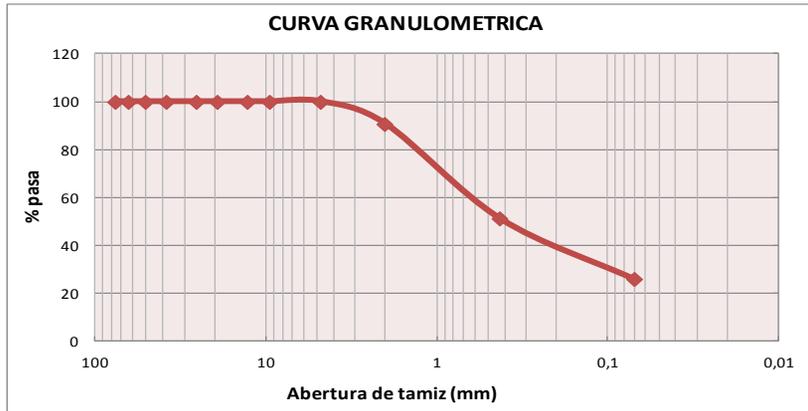
POZO: 2
PROFUNDID. 1,0 - 1,5

FECHA DE TOMA: 13/12/2017
FECHA DE ENSAYO: 20/12/2017

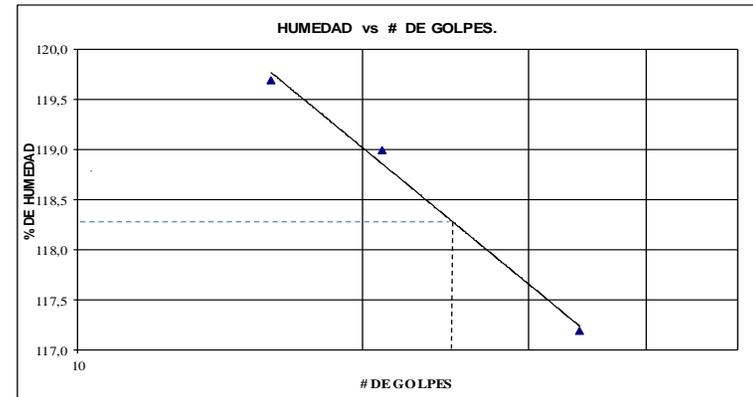
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA (ASTM 422)					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
				100,00	
				100,00	
				100,00	
				100,00	
			0,0	100,00	
1	25	0,0	0,0	100,00	
3/4"	19	0,0	0,0	100,00	
1/2"	12,5	0,00	0,0	100,00	
3/8"	9,5	0,0	0,0	100,00	
N°4	4,75	0,0	0,0	100,00	
N°10	2	1,5	9,4	90,60	
N°40	0,425	7,8	49,1	50,90	
N°200	0,075	11,8	74,3	25,70	
< N°200		4,1	25,7		
TOTAL		15,9			

PESO ANTES DEL LAVADO=	15,90 gr	ÁRIDO	%
PESO DESPUES DEL LAVADO=	11,80 gr	GRAVA	0,00 %
		ARENA	74,30 %
		FINOS	25,70 %



HUMEDAD NATURAL (ASTM 136-04)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
1		131,90	90,64	74,75	259,7	
						259,66
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)						
5	16	16,55	11,20	6,73	119,69	
25	21	16,58	11,19	6,66	118,98	
10	34	16,3	11,12	6,70	117,19	
						118,30
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
50		11,89	9,46	6,72	88,69	
30		12,29	9,72	6,82	88,62	
						88,65



CLASIFICACION:
SUCS SM
AASTHO A-2-7
 HUMEDAD NATURAL: 259,66 %
 LIMITE LIQUIDO: 118,30 %
 LIMITE PLASTICO: 88,65
 INDICE PLASTICO: 29,65
 INDICE DE GRUPO: 2,00



ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO: Estudio Geológico y Análisis Geotécnico del Centro de Salud INNFA 24HD

UBICACIÓN: Parroquia Macas, cantón Morona, provincia Morona Santiago

USO: TESIS

POZO: 2

PROFUNDIDAD: 2,0 - 2,5

FECHA DE TOMA: 13/12/2017

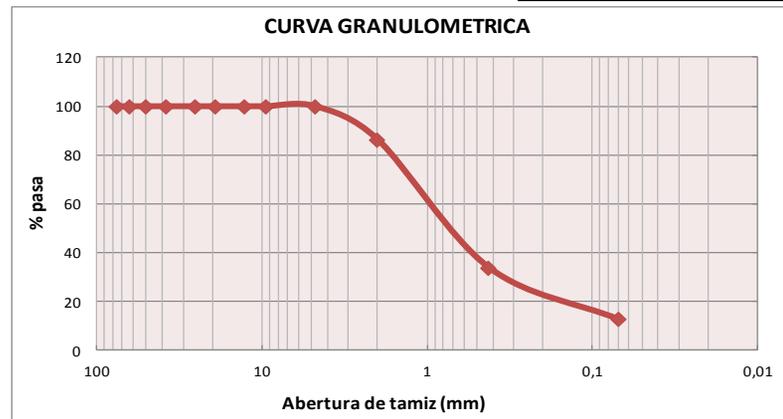
FECHA DE ENSAYO: 20/12/2017

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

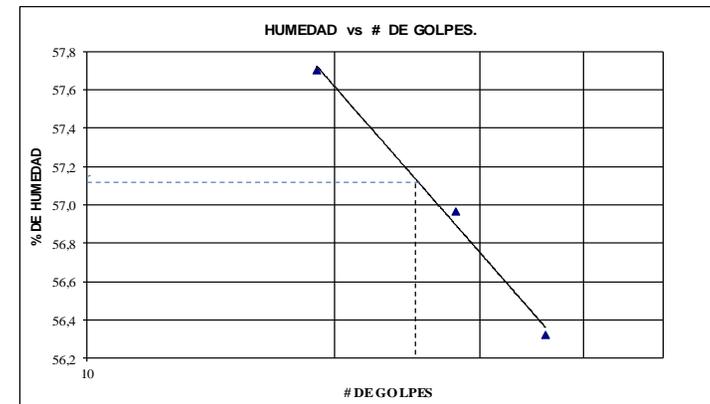
GRANULOMETRÍA (ASTM 422)					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
				100,00	
				100,00	
				100,00	
				100,00	
1	25	0,0	0,0	100,00	
3/4"	19	0,0	0,0	100,00	
1/2"	12,5	0,00	0,0	100,00	
3/8"	9,5	0,0	0,0	100,00	
N°4	4,75	0,0	0,0	100,00	
N°10	2	4,0	13,7	86,30	
N°40	0,425	19,4	66,3	33,70	
N°200	0,075	25,6	87,5	12,50	
< N°200		3,6	12,5		
TOTAL		29,3			

PESO ANTES DEL LAVADO= 29,30 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 25,60 gr

ÁRIDO	%
GRAVA	0,00 %
ARENA	87,50 %
FINOS	12,50 %



HUMEDAD NATURAL (ASTM 136-04)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
1		136,35	93,02	63,77	148,1	148,14
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)						
5	19	20,08	15,17	6,66	57,70	
22	28	20,39	15,40	6,64	56,96	
44	36	20,44	15,82	6,64	56,32	
57,14						
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
4		13,66	11,37	6,81	50,22	
9		13,87	11,45	6,66	50,52	
50,37						



CLASIFICACION:

SUCS

AASTHO

HUMEDAD NATURAL:

LIMITE LIQUIDO:

LIMITE PLASTICO:

INDICE PLASTICO:

INDICE DE GRUPO:

SM

A-2-5

148,14 %

57,14 %

50,37

6,77

0,00



ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO: Estudio Geológico y Análisis Geotécnico del Centro de Salud INNFA 24HD

UBICACIÓN: Parroquia Macas, cantón Morona, provincia Morona Santiago

USO: TESIS

POZO: 2

PROFUNDID. 3,0 - 3,5

FECHA DE TOMA: 13/12/2017

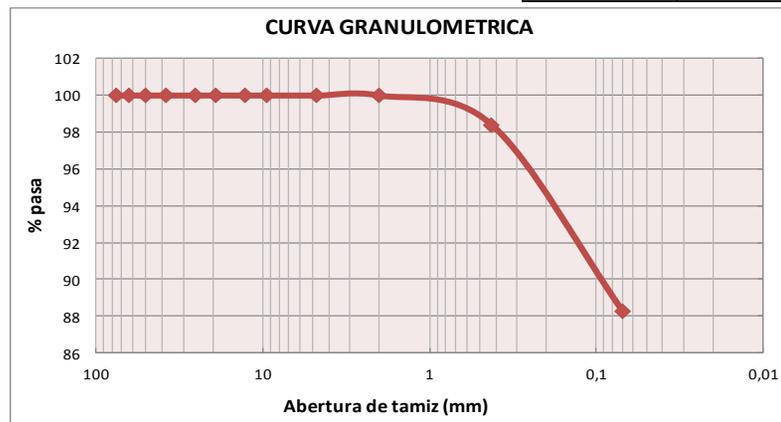
FECHA DE ENSAYO: 20/12/2017

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

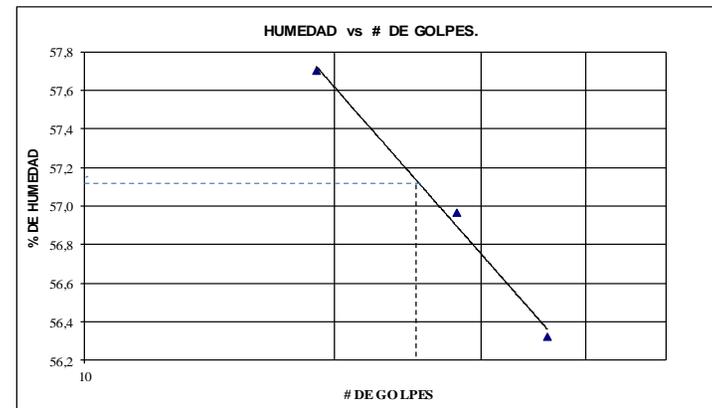
GRANULOMETRÍA (ASTM 422)					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
				100,00	
				100,00	
				100,00	
				100,00	
			0,0	100,00	
			0,0	100,00	
1	25	0,0	0,0	100,00	
3/4"	19	0,0	0,0	100,00	
1/2"	12,5	0,00	0,0	100,00	
3/8"	9,5	0,0	0,0	100,00	
N°4	4,75	0,0	0,0	100,00	
N°10	2	0,1	0,0	100,00	
N°40	0,425	1,2	1,6	98,40	
N°200	0,075	8,6	11,7	88,30	
< N°200		65,0	88,3		
TOTAL		73,6			

PESO ANTES DEL LAVADO= 73,60 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 8,60 gr

ÁRIDO	%
GRAVA	0,00 %
ARENA	11,70 %
FINOS	88,30 %



HUMEDAD NATURAL(ASTM 136-04)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
1		166,55	136,67	63,03	40,6	
						40,58
LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)						
5	19	20,08	15,17	6,66	57,70	
22	28	20,39	15,40	6,64	56,96	
44	36	20,44	15,82	6,64	56,32	
						57,14
LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)						
4		13,66	11,37	6,81	50,22	
9		13,87	11,45	6,66	50,52	
						50,37



CLASIFICACION:

SUCS

MH

AASTHO

A-5

HUMEDAD NATURAL:

40,58 %

LIMITE LIQUIDO:

57,14 %

LIMITE PLASTICO:

50,37

INDICE PLASTICO:

6,77

INDICE DE GRUPO:

13,00



ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO: Estudio Geológico y Análisis Geotécnico del Centro de Salud INNFA 24HD
UBICACIÓN: Parroquia Macas, cantón Morona, provincia Morona Santiago
USO: TESIS

POZO: 2
PROFUNDIDAD: 4,0 - 4,5

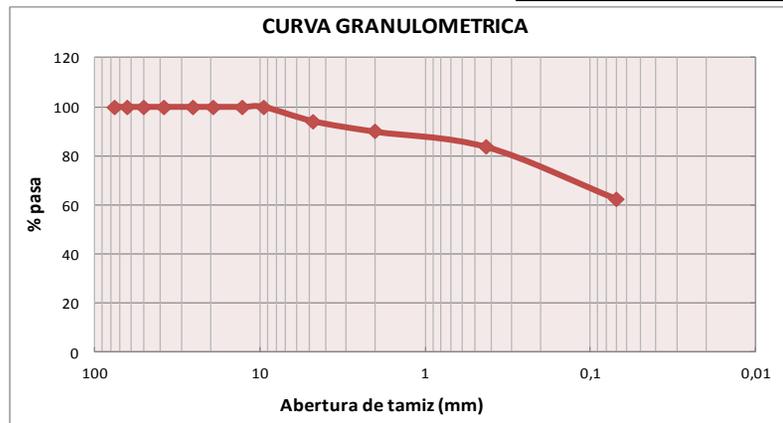
FECHA DE TOMA: 13/12/2017
FECHA DE ENSAYO: 20/12/2017

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

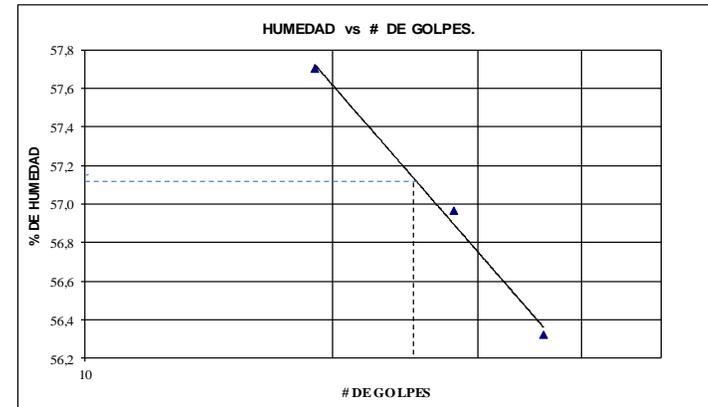
GRANULOMETRÍA (ASTM 422)					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
				100,00	
				100,00	
				100,00	
				100,00	
			0,0	100,00	
1	25	0,0	0,0	100,00	
3/4"	19	0,0	0,0	100,00	
1/2"	12,5	0,00	0,0	100,00	
3/8"	9,5	4,0	5,9	94,10	
N°4	4,75	5,5	8,2	91,80	
N°10	2	6,9	10,2	89,80	
N°40	0,425	11,1	16,5	83,50	
N°200	0,075	25,4	37,7	62,30	
< N°200		44,4	62,3		
TOTAL		67,4			

PESO ANTES DEL LAVADO= 67,40 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 25,40 gr

ÁRIDO	%
GRAVA	8,20 %
ARENA	29,50 %
FINOS	62,30 %



HUMEDAD NATURAL (ASTM 136-04)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
1		167,00	127,2	59,8	59,0	58,95
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)						
5	19	20,08	15,17	6,66	57,70	
22	28	20,39	15,40	6,64	56,96	
44	36	20,44	15,82	6,64	56,32	
						57,14
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
4		13,66	11,37	6,81	50,22	
9		13,87	11,45	6,66	50,52	
						50,37



CLASIFICACION:
SUCS MH
AASTHO A-5
 HUMEDAD NATURAL: 58,95 %
 LIMITE LIQUIDO: 57,14 %
 LIMITE PLASTICO: 50,37
 INDICE PLASTICO: 6,77
 INDICE DE GRUPO: 6,00



ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO: Estudio Geológico y Análisis Geotécnico del Centro de Salud INNFA 24HD
UBICACIÓN: Parroquia Macas, cantón Morona, provincia Morona Santiago
USO: TESIS

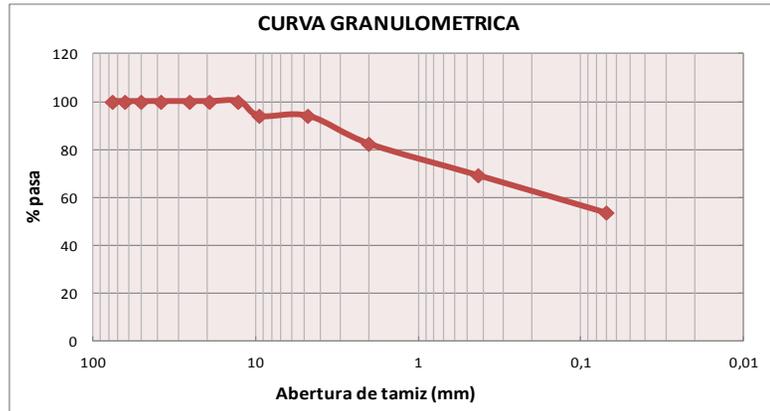
POZO: 2
PROFUNDID. 5,0 - 5,5

FECHA DE TOMA: 13/12/2017
FECHA DE ENSAYO: 20/12/2017

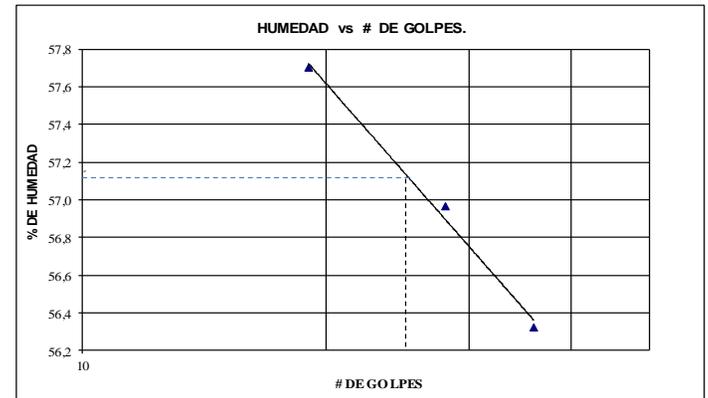
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA (ASTM 422)					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
				100,00	
				100,00	
				100,00	
				100,00	
			0,0	100,00	
1	25	0,0	0,0	100,00	
3/4"	19	0,0	0,0	100,00	
1/2"	12,5	5,10	6,1	93,90	
3/8"	9,5	5,1	6,1	93,90	
N°4	4,75	10,3	12,4	87,60	
N°10	2	14,7	17,7	82,30	
N°40	0,425	25,6	30,8	69,20	
N°200	0,075	38,4	46,2	53,80	
< N°200		44,7	53,8		
TOTAL		83,1			

PESO ANTES DEL LAVADO=	83,10 gr	ÁRIDO	%
PESO DESPUES DEL LAVADO=	38,40 gr	GRAVA	12,40 %
		ARENA	33,80 %
		FINOS	53,80 %



HUMEDAD NATURAL(ASTM 136-04)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
1		187,60	160,5	77,4	32,6	
						32,61
LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)						
5	19	20,08	15,17	6,66	57,70	
22	28	20,39	15,40	6,64	56,96	
44	36	20,44	15,82	6,64	56,32	
						57,14
LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)						
4		13,66	11,37	6,81	50,22	
9		13,87	11,45	6,66	50,52	
						50,37



CLASIFICACION:
SUCS MH
AASTHO A-5
HUMEDAD NATURAL: 32,61 %
LIMITE LIQUIDO: 57,14 %
LIMITE PLASTICO: 50,37
INDICE PLASTICO: 6,77
INDICE DE GRUPO: 4,00

Anexo G. Mapa Topográfico de la Zona de estudio.

