

Fondo
Adaptación

Trabajamos en la Reconstrucción
Gestionando el Riesgo de Desastres



SI SUELOS INGENIERÍA S.A.S.
Estudios, diseños y construcciones en geotecnia

EVALUACION GEOTECNICA Y ESTRUCTURAL DE HASTA
28 OBRAS DE PROTECCION HIDRAULICA LOCALIZADAS
EN LOS 11 MUNICIPIOS QUE CONFORMAN EL NUCLEO
DE LA REGION DE LA MOJANA



MURO 3 – ACHÍ

INFORME DE CARACTERIZACION GEOMETRICA Y
GEOTECNICA DE LA ESTRUCTURA

AGOSTO 2015

IDENTIFICACIÓN DE CAMBIOS

Nombre del proyecto:	EVALUACIÓN GEOTÉCNICA Y ESTRUCTURAL DE HASTA 28 OBRAS DE PROTECCIÓN HIDRÁULICA LOCALIZADAS EN LOS 11 MUNICIPIOS QUE CONFORMAN EL NÚCLEO DE LA REGIÓN DE LA MOJANA, QUE PERMITA OBTENER UN DIAGNOSTICO DETALLADO DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LAS CITADAS ESTRUCTURAS	
Orden de trabajo:	202-001-15	
Nombre del Informe:	MURO 3 - ACHÍ INFORME DE CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA	
Versión	Cambios Realizados	Fecha
0	Versión original	Junio 23 2015
1	Versión corregida de acuerdo a las observaciones de la interventoría.	Julio 22 2015
2	Versión corregida de acuerdo a las observaciones de la interventoría.	Agosto 24 2015
3	Versión corregida de acuerdo a las observaciones finales de la interventoría.	Septiembre 1 2015

ELABORADO POR:

Versión	Nombre	Firma	Fecha
0	DAVID CASTRO CRUZ		Junio 23 2015
1	DAVID CASTRO CRUZ		Julio 22 2015
2	DAVID CASTRO CRUZ		Agosto 24 2015
3	DAVID CASTRO CRUZ		Septiembre 1 2015

REVISADO POR:

Versión	Nombre	Firma	Fecha
0	DONALDO CASTILLA		Junio 23 2015
1	DONALDO CASTILLA		Julio 22 2015
2	DONALDO CASTILLA		Agosto 24 2015
3	DONALDO CASTILLA		Septiembre 1 2015

APROBADO POR:

Versión	Nombre	Firma	Fecha
0	ALBERTO DURÁN		Junio 23 2015
1	ALBERTO DURÁN		Julio 22 2015
2	ALBERTO DURÁN		Agosto 24 2015
3	ALBERTO DURÁN		Septiembre 1 2015

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	9
2.1 GENERALIDADES DE ANTECEDENTES AL PROYECTO	9
2.2 INFORME FINAL DE CONTRATO DE INTERVENTORÍA ECOVIAS S.A.S.....	9
2.3 ESTUDIO PREVIO DE LA UNIVERSIDAD DEL NORTE-INVÍAS	10
2.4 ESTUDIO PREVIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MEDELLÍN-INVÍAS.....	10
2.5 ESTUDIO PREVIO ENTRE EL DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.	11
3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA	12
4. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DE LA ZONA	14
4.1 LOCALIZACIÓN.....	14
4.2 ESTRATIGRAFÍA	15
4.3 ROCAS SEDIMENTARIAS	15
4.3.1 GRUPO SINCELEJO (N2Q1s)	15
4.4 Depósitos sedimentarios no litificados.....	16
4.4.1 Llanuras de inundación (Q1Q2fal)	16
4.4.2 Abanico Aluvial De La Mojana (Q2abm)	18
4.4.3 Depósitos Fluvioacustres (Q2fl)	19
4.4.4 Depósitos Fluviales de Canal (Q2fc).....	20
4.5 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	21
4.5.1 Lineamiento San Jorge (Falla Ayapel).....	22
4.5.2 Lineamiento Ayapel	22
4.5.3 Lineamiento San Jacinto	22
4.5.4 Lineamiento Sucre.....	23
4.5.5 Lineamiento Nechí-San Jacinto	23
4.6 CONDICIONES SÍSMICAS DE LA ZONA.....	23
5. CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA Y DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DEL MURO.....	26
5.1 Obras hidráulicas aledañas al muro de protección.....	26
5.2 Zonificación geométrica.....	29

5.2.1	Zona 1 Abs. K0+000 hasta K0+450.....	30
5.2.2	Zona 2 Abs K0+450 hasta K0+574.6.....	32
5.3	Ensayos estructurales propuestos.....	35
6.	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.....	36
6.1	EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS.....	36
6.2	EQUIPOS DE PERFORACIÓN.....	36
6.3	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	38
6.4	NIVEL FREÁTICO.....	39
6.5	CRITERIOS DE CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.....	40
6.6	DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES ENCONTRADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	43
6.6.1	Depósito aluvial limoso 1: Limos de color pardo olivo claro, plasticidad baja, consistencia medio firme.	43
6.6.2	Depósito aluvial limoso 2: Limos elásticos con algo de materia orgánica, de color olivo grisáceo, humedad media, plasticidad media, consistencia medio firme.....	48
6.6.3	Depósito aluvial arcilloso arenoso: Arcillas magras arenosas de color gris, humedad baja, plasticidad baja, consistencia firme.....	51
6.6.4	Resumen de la clasificación de los estratos.....	53
6.7	ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA.....	54
6.8	PARÁMETROS MECÁNICOS DE LOS ESTRATOS PRESENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	55
6.8.1	Depósito aluvial limoso 1: limos de consistencia medio firme.....	56
6.8.2	Depósito aluvial limoso 2: Limos elásticos de consistencia medio firme.....	57
6.8.3	Depósito aluvial arcilloso arenoso: Arcillas magras arenosas de consistencia firme.....	59
6.8.4	Resumen de los parámetros de resistencia para los estratos.....	60
6.9	PARÁMETROS DE DEFORMABILIDAD DE LOS ESTRATOS.....	61
6.9.1	Determinación del módulo de Young y del Poisson para los materiales presentes en la zona.....	61
6.9.2	Determinación de los parámetros para valorar el comportamiento por consolidación.....	62
6.10	PERMEABILIDAD DE LOS ESTRATOS.....	63
7.	CONCLUSIONES.....	64
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1. Ubicación de la zona de La Mojana dentro el territorio norte de Colombia.....	12
Figura 3-2. Ubicación general del muro de contención de Achí en la zona de La Mojana.....	13
Figura 3-3. Dimensiones generales del muro de contención evaluado.....	13
Figura 4-1. Localización y delimitación del Abanico Aluvial de la Mojana (contorno línea amarilla) sobre el DEM.....	18
Figura 4-2. Red de drenaje del Abanico Aluvial de la Mojana.....	19
Figura 4-3. Morfología de humedales, en el caserío Sehebe (vista al oriente), Estación ENA-0119, Coordenadas 1426592mN, 891674mE (C-3).....	20
Figura 4-4. Lineamientos en el área de la PL 73.....	22
Figura 4-5. Zonas de amenaza sísmica según la norma sismo resistente del 2010.....	24
Figura 4-6. Tabla de valores de aceleración y velocidad en roca de acuerdo al código Colombiano.....	24
Figura 4-7. Mapa de valores Aa derecha, y de Av izquierda, en el territorio colombiano según la NSR-10.....	25
Figura 5-1. Dique entre la población de Achí y Majagual. Zona cercana a las protecciones de orilla estudiadas.....	27
Figura 5-2. Sectores donde el dique está en contacto con el río Cauca.....	27
Figura 5-3. Fotografía de uno de los espigones en acero cercanos al muro Abs K0 +050.....	28
Figura 5-4. Protección de orilla en bolsas de suelo-cemento entre el río y el muro de contención Abs K0 +200.....	28
Figura 5-5. Vista apique (AP-MACH-2), realizado para descubrir geometría y ubicación de zarpa de muro en concreto Achí K0+320.....	29
Figura 5-6. Vista en planta de la ubicación del muro Achí y las Zonas Geométricas definidas.....	30
Figura 5-7. Sección donde se aprecia el muro en la zona 1 Abs K0 +250.....	30
Figura 5-8. Sección típica del muro en la zona 1.....	31
Figura 5-9. Acero de refuerzo en la zona 1 suponiendo que el muro tiene el mínimo requerido según la NSR-10.....	32
Figura 5-10. Sección donde se aprecia el muro en la zona 2. Abs K0+520 foto superior, y K0+470 inferior.....	33
Figura 5-11. Sección típica del muro en la zona 2.....	34
Figura 5-12. Acero de refuerzo en la zona 2 suponiendo que el muro tiene el mínimo requerido según la NSR-10.....	35
Figura 6-1. Foto del equipo de perforación Símcó III.....	37
Figura 6-2. Foto del equipo de perforación Aquer.....	37
Figura 6-3. Gráfica del nivel freático a lo largo del tramo de estudio.....	40
Figura 6-4. Cuadro general de clasificación de suelos (ASTM D2487 2011).....	40
Figura 6-5. Muestras de laboratorio del sondeo PT-MACH-1 donde se aprecia el estrato superficial.....	44
Figura 6-6. Ubicación de los casos evaluados en la carta de Casagrande para el estrato superficial.....	45
Figura 6-7. Esquema de los resultados en la perforación PT-MACH-1 donde se aprecia el cambio de los valores con la profundidad para el depósito aluvial limoso 1.....	47
Figura 6-8. Muestras de laboratorio del sondeo PT-MACH-3 donde se aprecia el depósito aluvial limoso 2.....	48
Figura 6-9. Ubicación de los casos evaluados en la carta de Casagrande para el depósito aluvial limoso 2.....	49
Figura 6-10. Esquema de los resultados en la perforación PT-MACH-1 donde se aprecia el cambio de los valores con la profundidad para el depósito aluvial limoso 2.....	50
Figura 6-11. Muestras de laboratorio del sondeo PT-MACH-3 donde se aprecia el depósito aluvial arcilloso arenoso.....	51
Figura 6-12. Esquema de los resultados en la perforación PT-MACH-3 donde se aprecia el cambio de los valores con la profundidad para el depósito aluvial arcilloso arenoso.....	53
Figura 6-13. Zonificación geotécnica del suelo de fundación del dique marginal en el tramo de estudio.....	54
Figura 6-14. Bosquejos de la posición de los estratos en las diferentes zonas geotécnicas en la zona en el tramo de estudio.....	55
Figura 6-15. Correlación para el ángulo de fricción drenado con respecto al índice de plasticidad.....	56
Figura 6-16. Correlaciones para suelos a partir del SPT reportado.....	59
Figura 6-17. Estimación del valor de resistencia al corte no drenado teniendo en cuenta los valores del SPT.....	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 6-1. Resumen de perforaciones con recobro ejecutados sobre el suelo de fundación.	36
Tabla 6-2. Maquinaria usada en cada una de las perforaciones.	38
Tabla 6-3. Apiques realizados al muro de contención.	38
Tabla 6-4. Resumen de las normas utilizadas para la realización de los ensayos de laboratorio ejecutados sobre las muestras extraídas de las exploraciones hechas en este tramo del dique.	38
Tabla 6-5. Primera parte del resumen de los ensayos de laboratorio ejecutados sobre las muestras extraídas de las exploraciones hechas en este tramo.	39
Tabla 6-6. Segunda parte del resumen de los ensayos de laboratorio ejecutados sobre las muestras extraídas de las exploraciones hechas en este tramo.	39
Tabla 6-7. Descripción por tamaño para partículas no sean clasificadas como arenas o gravas (Budhu 2007).	41
Tabla 6-8. Criterios de clasificación según la humedad natural reportada en campo	41
Tabla 6-9. Criterios para clasificar la plasticidad del material.	41
Tabla 6-10. Criterios para clasificar la consistencia de suelos cohesivos.	41
Tabla 6-11. Criterios para clasificar la densidad de suelos granulares.	42
Tabla 6-12. Criterios de clasificación de suelos según la materia orgánica (Huang, y otros 2008).	42
Tabla 6-13. Criterios para describir la cantidad de materiales orgánicos basándose en el resultado del ensayo (Indiana Department of Transportation 2010).	42
Tabla 6-14. Resumen de ensayos de granulometría para el depósito aluvial limoso 1.	44
Tabla 6-15. Resumen de ensayos de granulometría realizados a las muestras extraídas de los apiques para el depósito aluvial limoso 1.	44
Tabla 6-16. Clasificación de los suelos que conforman el depósito aluvial limoso 1 según la clasificación SUCS.	45
Tabla 6-17. Ensayos de resistencia In situ para el depósito aluvial limoso 1.	46
Tabla 6-18. Resumen del análisis para el comportamiento según la humedad en el estrato de depósito aluvial limoso 1.	46
Tabla 6-19. Resumen de ensayos de gravedad específica para el depósito aluvial limoso 1.	47
Tabla 6-20. Análisis del límite líquido para evaluar si el suelo es orgánico.	48
Tabla 6-21. Resumen de ensayos de granulometría para el depósito aluvial limoso 2.	48
Tabla 6-22. Clasificación de los suelos que conforman el depósito aluvial limoso 2 según la clasificación SUCS.	49
Tabla 6-23. Ensayos de resistencia In situ para el depósito aluvial limoso 2.	49
Tabla 6-24. Resumen del análisis para el comportamiento según la humedad en el depósito aluvial limoso 2.	50
Tabla 6-25. Resumen de ensayos de gravedad específica para el depósito aluvial limoso 2.	51
Tabla 6-26. Resumen de ensayos de granulometría para el depósito aluvial arcilloso arenoso.	52
Tabla 6-27. Clasificación de los suelos que conforman el depósito aluvial arcilloso arenoso según la clasificación SUCS.	52
Tabla 6-28. Ensayos de resistencia In situ para el depósito aluvial arcilloso arenoso.	52
Tabla 6-29. Resumen del análisis para el comportamiento según la humedad en el depósito aluvial arcilloso arenoso.	53
Tabla 6-30. Resumen de caracterización geotécnica.	54
Tabla 6-31. Resumen de la zonificación geotécnica del tramo de estudio.	55
Tabla 6-32. Resumen de la zonificación global del tramo de estudio.	55
Tabla 6-33. Resultados de la resistencia al corte drenado por ensayo de laboratorio para el depósito aluvial limoso.	56
Tabla 6-34. Resultados de la resistencia al corte no drenado por ensayo de laboratorio para el depósito aluvial limoso 1.	56
Tabla 6-35. Resultados de los ensayos de laboratorio para peso unitario para el depósito aluvial limoso 1.	57
Tabla 6-36. Resultados de corte directo para el depósito aluvial limoso 2.	58
Tabla 6-37. Resistencia al corte no drenado determinada con ensayos de compresión inconfineda.	58
Tabla 6-38. Resultados de los ensayos de laboratorio para peso unitario.	59

Tabla 6-39. Resumen de los parámetros de los estratos para desarrollar un modelo de Mohr coulomb.	61
Tabla 6-40. Módulo de elasticidad (Es) y de Poisson (ν) de los estratos en el tramo de estudiado.	61
Tabla 6-41. Resumen de resultados de ensayos de consolidación para el depósito fino compuesto por arcillas limosas en el suelo de fundación aluvial 2.	62
Tabla 6-42. Resultados de la deformabilidad actual de los estratos finos.	63
Tabla 6-43. Resumen de los resultados con los parámetros de permeabilidad y los valores esperados (Association of Swiss Road and Traffic Engineers 2010).	63
Tabla 6-44. Resumen de los valores escogidos de permeabilidad para cada material.	63

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Informe de Inspección Visual Preliminar, Componente Estructural, Muro Achí Bolívar; Ingeniería de Rehabilitación Integral LTDA., Junio de 2015.

Anexo B. Planos en planta de zonificación del dique y localización de perforaciones.

Anexo C. Perfil Geológico- Geotécnico, con base en resultados de exploraciones.

Anexo D. Cuadro de resumen de caracterización geotécnica.

Anexo E. Cuadros de índices y resumen de las propiedades.

Anexo F. Corrección de SPT

Anexo G. Interpretación de ensayos de CPT

Anexo H. Registro fotográfico Apiques y de las muestras

Anexo I. Registros de perforación y apiques

Anexo J. Resultados ensayos de laboratorio

1. INTRODUCCIÓN

Este informe es parte del contrato número 200 de 2014 entre el Fondo de Adaptación y la empresa Suelos Ingeniería S.A.S para la evaluación geotécnica y estructural de 28 obras de protección hidráulica en la zona de la Mojana. El objetivo específico del estudio es obtener insumos geotécnicos que permitan posteriormente determinar la vida útil remanente del de las estructuras, su capacidad de regulación hidráulica, y las cantidades y las dimensiones de las obras necesarias para garantizar el funcionamiento de las mismas durante escenarios de amenaza. Este informe corresponde a la caracterización geotécnica del sector donde se encuentra la estructura correspondiente al muro de protección en concreto en Achí. Esta estructura protege la cabecera municipal de Achí Bolívar, y esta estructura pertenece a las 28 obras de protección hidráulica analizadas en este estudio.

Con base en la información obtenida de este informe, se procederá con los análisis de estabilidad geotécnicos pertinentes para determinar las condiciones actuales de la estructura. Así mismo una vez ejecutados los análisis de estabilidad se procederá a hacer diseños a nivel de ingeniería básica el reforzamiento o remplazo de la estructura de ser necesario.

El proceso de caracterización presentado en este informe hace parte de la evaluación del área mencionada y consiste en el reconocimiento e inspección visual de la estructura correspondiente a un muro con una longitud de 574.6 m y en la caracterización geotécnica de los materiales que componen la zona donde se encuentra ubicado.

El reconocimiento y la evaluación del muro en concreto que brinda protección a la cabecera municipal del municipio de Achí, fueron realizados por la visita de campo de ingenieros geotecnistas. Las exploraciones geotécnicas en esta zona están compuestas de sondeos por percusión o con rotación según cada caso de exploración y por ensayos "in situ" tipo SPT y CPT. Las muestras obtenidas fueron estudiadas en el laboratorio de Suelos Ingeniería SAS donde se determinaron sus propiedades mecánicas e hidráulicas, las cuales son presentadas en este informe.

Posteriormente, basándose en los resultados de laboratorio y en la caracterización geotécnica del área evaluada, se realizó una zonificación del tramo donde se encuentra la estructura, lo que permite un mejor análisis de la información obtenida. En el informe se presentan los criterios de zonificación, junto con la evaluación de campo y características de cada zona.

El informe muestra todos los resultados mencionados dando inicio a la etapa de evaluación del estado geotécnico y estructural del muro en concreto de Achí. Este es el primer paso de un estudio que busca determinar la condición actual y las tareas necesarias sobre el servicio que puede brindar la como estructura de contención del río Cauca. estructura la cual se analizará y se hará un diseño a nivel de ingeniería básica para garantizar la protección del municipio de Achí contra amenazas por inundación.

2. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

2.1 GENERALIDADES DE ANTECEDENTES AL PROYECTO

El municipio de Achí se encuentra en una región próxima al río Cauca que ha presentado diversas inundaciones en los últimos años. En el 2005 se desbordó el río Cauca afectando a cerca de 72,000 personas en la región, y adicionalmente se afectaron diferentes actividades económicas en la Mojana. En el 2010 una nueva temporada invernal afectó la región y ocasionó varias situaciones de emergencia entre los que se encuentra el rompedero de José Bravo ente los municipios de Achí y Guaranda. Debido a estos desastres naturales que han afectado a la población de la región, el estado declaró la urgencia manifiesta en distintos sectores para realizar la rehabilitación de la región en general.

Como se mencionó durante el 2010 un sector muy cercano al muro de protección evaluado en este informe falló presentando un desbordamiento el río Cauca. Este incidente incomunicó la población de Achí, rompiendo su comunicación con Majagual y Guaranda. Inicialmente el incidente fue atendido por la alcaldía de Majagual cerrando la zona provisional con préstamo lateral de material. Posteriormente se contrató la construcción de una estructura reforzada que evitara un futuro rompimiento del tramo. Este proyecto será analizado con más detenimiento en la sección 2.2.

Adicionalmente según comentarios de personas en la población el muro no presenta un buen servicio de contención en condiciones invernales pues ha habido ocasiones donde el pueblo se inunda por accesos o filtraciones en los extremos del muro. Es importante mencionar que en el extremo norte del muro, este no limita con ninguna estructura de contención. Por lo cual el municipio es vulnerable a presentar inundaciones provocadas por filtraciones en este extremo, como fue comentado por pobladores del lugar.

2.2 INFORME FINAL DE CONTRATO DE INTERVENTORÍA ECOVIAS S.A.S

Este informe realizado en el 2012 resume los diseños y la construcción de dos estructuras realizada para reparar y mitigar los riesgos de rompimiento en futuras inundaciones (Ecovias S.A.S 2012). El estudio fue realizado para el INVÍAS y resume los trabajos realizados en la Mojana, específicamente en las zonas de Santa Anita, y el sitio de José Bravo. En este informe se muestran los estudios y diseños que se realizaron para estos sitios.

En el sector de José Bravo se reforzó el sitio con la construcción de una protección de orilla. La construcción se realiza por medio de cinco actividades principales, el hincamiento de pilotes corresponde a la primera actividad, en esta se usaron pilotes de acero de 27 metros de longitud con un diámetro de 30 cm. Posteriormente se colocaron arriostres entre los pilotes en la parte que sobre sale del agua de esto. Los pilotes hincados que son cilindros de acero fueron llenados con concreto en su interior. El núcleo de la estructura se rellenó con bolsacretos tipo PAVCO 1401 o similar de 2x4 x1.8 x 0.35 que fueron llenados con una mezcla de 17 MPa. Para la colocación de estas bolsas se apoyó en personal como buzos para garantizar su buen acomodamiento. Finalmente a esto se colocó un manto anti socavación en la parte anterior al río.

En este estudio se presentan adicionalmente levantamientos topográficos y memorias de cálculo que serán tenidas en cuenta en la caracterización y futuros procesos del estudio desarrollado por Suelos Ingeniería ya que la zona de esta obra es muy cercana a la zona de estudio en este informe.

2.3 ESTUDIO PREVIO DE LA UNIVERSIDAD DEL NORTE-INVÍAS

La universidad del norte evaluó el tramo de estudio en un convenio entre el Instituto Nacional de Vías, y la Universidad del Norte, el cual fue finalizado en el 2012 (Universidad del Norte 2012). Este estudio fue realizado para determinar las condiciones físicas en la parte baja del río Cauca, específicamente entre Caucasia hasta la zona en que este río desemboca en el río Magdalena. Las condiciones físicas que se evalúan corresponden a la demanda que hace el río sobre los distintos bordes. De manera general, en este proyecto se realizaron las actividades y objetivos que se muestran a continuación.

- Estudios de geología, geomorfología y dinámica fluvial.
- La valoración económica de la región y un estudio de los sistemas de transporte del sitio.
- La caracterización hidráulica y de sedimentología con información suministrada por el IDEAM.
- Inventario de las estructuras hidráulicas en la zona que tengan como objetivo regular el río Cauca.
- Modelación física de las estructuras hidráulicas, encontradas en las proximidades al río Cauca. Estas valoraron el estado de las estructuras en el momento del estudio.
- Un plan de acciones en el corto, el mediano, y el largo plazo.

Para cumplir los objetivos hidráulicos la universidad realizó levantamientos batimétricos al río, aforos al río, y análisis de muestras sobre el lecho del río. Con estos datos se estudió los cambios en el caudal del río en diferentes puntos bajo diferentes circunstancias. Esto permitió obtener en algunos puntos el esfuerzo de arrastre sobre las orillas y los niveles de agua en el río. Sin embargo la zona correspondiente a este informe no fue evaluada a profundidad en este estudio como se hizo en otros sectores.

Sobre el inventario realizado por la universidad se concluyó que: en general las estructuras no están en buen estado, la mayoría de las que son longitudinales no poseen un relleno adecuado, algunas estructuras se encuentran en sitios no apropiados para dar una correcta protección. Todas las estructuras carecen de mantenimiento. En caso de estructuras metálicas en la zona los anclajes de las estructuras no poseen el mismo material que conforman el cuerpo entre otros aspectos que se evaluaron.

La evaluación determinó puntos de atención donde el estudio recomendó tomar medidas de atención. Entre las recomendaciones se encuentra incrementar el nivel de medidas sobre el río, y sobre la cuenca del mismo. Adicionalmente concluyó que hay zonas de alto interés debido a la física del río y a la vulnerabilidad de las orillas en esos puntos.

2.4 ESTUDIO PREVIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MEDELLÍN-INVÍAS

El estudio presentado en esta sección hizo una valoración de la zona de la Mojana con el fin de rediseñar y habilitar un sistema de control de inundaciones (Universidad Nacional de Medellín 2006). Para cumplir con esto el estudio presentó los análisis mencionados a continuación:

- Generalidades de la zona de estudio.
- Antecedentes del proyecto.
- Estudio geológico y geomorfológico de la región.

- Estudio de desarrollo histórico de la región y aspectos socioculturales.
- Estudios hidráulicos e hidrológicos de la Mojana.
- Diseños y medidas para las obras hidráulicas con el fin de mitigar el riesgo en las principales cabeceras municipales de la región.

En lo referente a la zona de estudio donde se encuentra el muro, se evaluó en este informe previo un dique que finaliza en Achí. Este estudio recomendó realizar obras que prevengan la erosión del dique ya que el río genera una fuerza de arrastre considerable. Las obras recomendadas están encaminadas a prevenir la erosión y el rompimiento que el río pueda generar en el dique. El informe concluye que, estas obras son de importancia ya que la zona es propensa a inundaciones dada su topografía que genera divisiones del flujo del río en múltiples brazos. Adicionalmente el estudio señaló como de alta importancia la reconstrucción del dique en ciertas zonas, como se mencionó antes el dique falló en el sector de José Bravo el cual ya fue reconstruido a la fecha.

2.5 ESTUDIO PREVIO ENTRE EL DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.

Este estudio realizado en el 2012 fue parte del convenio UN-DNP 336/2011 que tenía como objetivo general la revisión, la evaluación y las propuestas o conceptos para el diseño en la construcción del dique marginal entre Nechí y Achí (Universidad Nacional de Colombia 2011). Para realizar esta propuesta se incluyeron aspectos sociales, ambientales, y económicos. De manera general se realizaron las siguientes actividades para el desarrollo de este estudio.

- Se revisaron algunos de los diseños anteriores para el dique marginal.
- Se realizaron inspecciones de campo que abarcaron contactos con la comunidad y evaluación con expertos nacionales e internacionales del dique marginal.
- Se realizaron levantamientos batimétricos a lo largo del río.
- Se realizó un levantamiento topográfico en el sitio afectado por las inundaciones previas.
- Se hizo un estudio de dinámica fluvial sobre el río Cauca.
- Se implementó el comportamiento del dique en un modelo hidráulico de la zona.
- Se hizo una parametrización de los cambios sociales, económicos, culturales, institucionales, y ambientales en el área de influencia del proyecto.
- Se hizo un estudio detallado del impacto ambiental que tendría la implementación de diversos diseños por la interrupción del flujo de agua.

En cuanto al componente geotécnico de este informe se evaluó la zona hasta astilleros por lo que no suministra información pertinente en la zona de Achí. Los demás componentes aunque son mencionados anteriormente, se salen del alcance de este estudio.

3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA

La región de la Mojana pertenece a un gran complejo de humedales en la región Momposina (Figura 3-1). La Mojana ha cumplido la función de regular principalmente los caudales del río Cauca, del río San Jorge, y del río Magdalena. En épocas precolombinas las inundaciones permitían a los pobladores de la zona, tomar el sedimento de los ríos como abono para la agricultura. Durante la colonización española la ganadería fue tomando un lugar cada vez más importante dentro del marco regional y la zona se fue poblando cada vez más. Esto redujo la selva tropical en la zona, haciendo más vulnerables a las personas de la región a inundaciones. Adicionalmente se han desarrollado actividades mineras sobre el río, lo que ha incrementado la contaminación con mercurio de sobre el río.

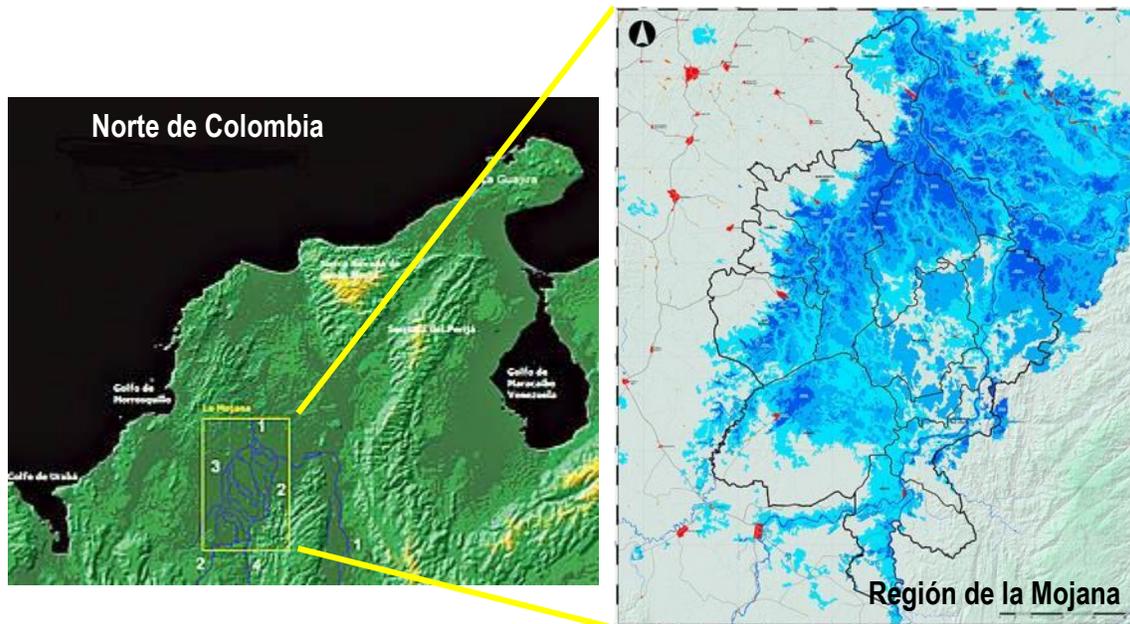


Figura 3-1. Ubicación de la zona de La Mojana dentro el territorio norte de Colombia.

Las actividades económicas que se desarrollan en la región se han visto afectadas por el proceso natural del control del caudal en el río Cauca. Esto ha obligado a sus pobladores a interactuar con las inundaciones periódicas que presenta la región. Durante la etapa precolombina se habitaban ciertos lugares únicamente en verano. Además se construyeron algunos canales de agua y terraplenes con el fin de controlar las inundaciones. Durante los últimos años se han desarrollado grandes proyectos cercanos a la Mojana como la represa de Urrá sobre el Río Sinú, y la vía Montería-Cerete-Lorica, además de varios diques y reforzamiento de orilla como las estudiadas en este informe.

El muro de contención de Achí estudiado en este informe se ubica en la cabecera municipal de Achí que cuenta con 35,000 habitantes aproximadamente. Este muro protege al municipio de las crecientes del río Cauca y evita un posible desborde que afectaría a la zona principalmente al municipio de Achí. En la Figura 3-2 se muestra la región y la ubicación del muro evaluado, como se aprecia en esta tanto el municipio de Achí como el muro de contención están sobre la ribera del río Cauca.



Figura 3-2. Ubicación general del muro de contención de Achi en la zona de La Mojana.

En los 574.6 m de longitud, el muro se encuentra próximo al río Cauca, alrededor de unos 20 metros del río en el momento de la visita que corresponde a épocas de verano. En toda la ribera hay un muelle donde se ubican varias barcas ancladas en el borde del río. Posterior al muro hay casas que en algunos casos usan el muro como punto de finalización, y probablemente de soporte. En la Figura 3-3 se muestra la geometría general del muro que tiene una altura de 1.5 metros aproximadamente, y un ancho de 40 cm.



Figura 3-3. Dimensiones generales del muro de contención evaluado.

4. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DE LA ZONA

4.1 LOCALIZACIÓN

El área del dique Achí se encuentra localizada en la plancha 74 – Guaranda nomenclatura del IGAC. (Figura 1 y 2), pero esta plancha está en proceso de edición y aún no ha sido publicada por el SGC (Servicio Geológico Colombiano), sin embargo la geología de la zona de estudio es la misma de la Plancha 73 – Ayapel, por lo cual se toma la información de esta.

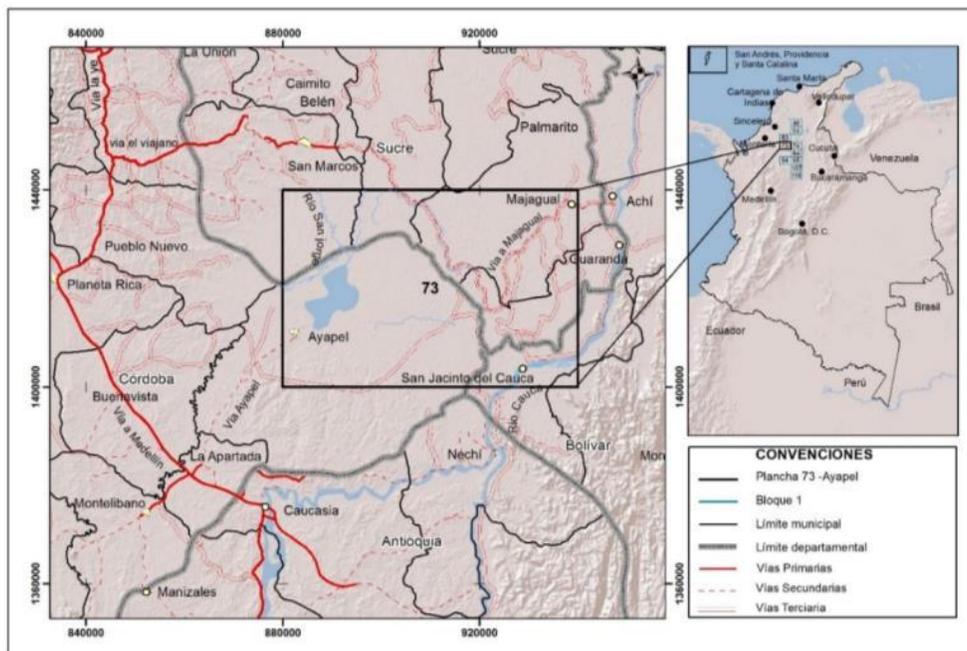


Figura 1. Mapa de localización de la Plancha 73.



Figura 2. Localización del dique Achí

4.2 ESTRATIGRAFÍA

En el área de estudio afloran rocas sedimentarias pertenecientes al Grupo Sincelejo y depósitos recientes que van desde el Mioceno al cuaternario, las cuales se presentan a continuación.

4.3 ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias son el único tipo de rocas aflorantes en la Plancha 73 -Ayapel, están representadas principalmente por conglomerados y areniscas pertenecientes al Grupo Sincelejo y por arenas finas limos y arcillas de depósitos cuaternarios de origen aluvial como son los depósitos de llanura de inundación, abanicos aluviales y lacustres

4.3.1 GRUPO SINCELEJO (N2Q1s)

En el área de estudio El Grupo Sincelejo está compuesto por conglomerados, areniscas conglomeráticas, areniscas y arcillolitas intercaladas dispuestas en estratos con espesores entre 0.1 m a 3 m. mal gradadas verticalmente y fuerte gradación lateral en decenas de metros, son siliciclásticas y presentan color amarilloso a naranja claro por contenido de finos (arcillas y lodos) con óxidos de hierro.

Conglomerados: su composición es polimíctica, con clastos de cuarzo, lutitas grises y cafés, feldespatos, presenta estructuras internas imbricadas (Fotografía 1).



Fotografía 1. Perfil de conglomerado polimíctico que gradada al techo a arenisca conglomerática, Sector La Inmaculada (vista al Este), estación ODC-0155, Coordenadas 1410094mN, 881097m E (F-1).

4.3.1.1 Características Morfológicas:

Esta unidad presenta un relieve semiplano a levemente ondulado, característico de colinas muy bajas de tope redondeadas con pendientes suaves y alargadas Fotografía 2



Fotografía 2. Morfología plana levemente ondulada, observada a los lados y al fondo de la vía, cerca de la quebrada carrizal (vista al Norte), estación LCT-0168, Coordenadas. 1401570mN, 883805mE (H-1).

4.4 DEPÓSITOS SEDIMENTARIOS NO LITIFICADOS.

En el área de la Depresión Momposina, específicamente en la Plancha 73 Ayapel se presentan cuerpos de depósitos sedimentarios no litificados del cuaternario que han sido agrupados siguiendo las descripciones realizadas en el trabajo de cartografía geológica de la plancha 64, Barranco de Loba (Mantilla *et al*, 2006).

Estos cuerpos sedimentarios se dividen en depósitos de llanuras de inundación, abanicos aluviales y fluvioacustres.

4.4.1 Llanuras de inundación (Q1Q2fal).

La zona de inundación actual del río Cauca está constituida por sedimentos estratificados no litificados conformados por intercalaciones de arenas de grano muy fino, limos y arcillas.

4.4.1.1 Distribución geográfica:

Esta unidad aflora al extremo sureste de la Plancha, haciendo parte de la llanura de inundación del Río Cauca, al sur y sureste de la población de San Jacinto del Cauca., localizado en la plancha 73-IV-D (H-10, H-11, H-12)

4.4.1.2 Características Morfológicas:

La morfología de esta unidad es de áreas completamente planas, conformada por capas de sedimentos no litificados y que se encuentran parcialmente incisados por drenajes; en la fotografía 3, se muestra el nivel de la llanura de inundación y al fondo se puede observar como sobresale la topografía alta de cerros de la Serranía.



Fotografía 3. Morfología del nivel de la llanura de inundación (línea punteada), al fondo zona montañosa de la serranía, confluencia río Caribona y qda. Madrevieja (vista al sureste), Estación LTG-0054, Coordenadas 1401645mN, 935803mE (H-12).

4.4.1.3 Sedimentología:

Está comprendida por una secuencia de capas sedimentarias estratificadas no litificadas que hacen parte de la llanura de inundación actual del río Cauca; esta secuencia está compuesta por arenas finas con limos y arcillas a arcillas con algo de limos y arenas muy finas e incluyen nivel o niveles de paleosuelos que consisten composicionalmente de arcillas con altos contenidos de materia orgánica que le dan el tono oscuro a negro al suelo.

Arenas: se presentan en capas mal seleccionadas de arena muy fina limo arcillosa con una proporción (40:30:30) o menor, con espesores entre 0.80 m hasta 1,30 m de color que varía de Naranja amarillento oscuro - Naranja grisáceo - Gris oliva claro, en parte con óxidos color pardo amarillento.

Arcillas: Las arcillas se encuentran, en esta unidad, muy restringidas en intercalaciones con las arenas con bajo contenido de limos, son de color gris amarillento y naranja amarillento oscuro por oxidación.

4.4.1.4 Contactos

En el área de la Plancha 73 – Ayapel se encuentra en contacto deposicional con los sedimentos del Grupo Sincelejo, además está suprayacido por los sedimentos del Abanico de la Mojana y los depósitos lacustres.

4.4.1.5 Origen

Su origen está asociado a la actividad fluvial del río Magdalena y el aporte del río Cauca después de su confluencia con el río Nechí como consecuencia de intercalación de épocas de poca y fuerte erosión en la zona sur o zona montañosa y su deposición en las zonas bajas donde se combinan factores para que se determinen las características de estos depósitos aluviales.

Barrera (1999) interpreta esta unidad como depósitos aluviales de inundación (Qali) con arenas, limos y arcillas y abundante materia orgánica.

4.4.2 Abanico Aluvial De La Mojana (Q2abm).

Esta unidad fue propuesta por Martínez (1981) como Cono del Río Cauca, en el área de la Depresión Momposina donde la parte distal del cono llega hasta las depresiones cenagosas de los Ríos Magdalena y San Jorge.

Barrera (1999) interpreta esta unidad como depósitos aluviales de inundación (Qali) con arenas, limos y arcillas y abundante materia orgánica.

4.4.2.1 Distribución geográfica:

Las imágenes satelitales permitieron verificar la delimitación del Abanico Aluvial de la Mojana a gran escala (Figura 3); este se extiende desde la confluencia de los ríos Nechí y Cauca y se prolonga al norte en cercanías del municipio de Pinillos con una distancia aproximada de 100 km y, entre la ciénaga de Ayapel y el Río San Jorge al occidente, hasta el actual cauce del Río Cauca al oriente, con una amplitud de 55 km. El Abanico Aluvial cubre las áreas de las planchas 63-San Marcos, 73-Ayapel y la parte occidental de la Plancha 74-Guaranda, de acuerdo con la numeración del IGAC.

4.4.2.2 Características morfológicas:

Las característica que definen al abanico son el ápice, longitud, ancho, área, pendiente, red de drenaje, además de la subdivisión en las, zonas proximal, media y distal donde cada una de ellas presenta sus propias características de longitud, ancho, pendiente, cambios sedimentológicos (granulometría) y composición; además el ápice se localiza al suroccidente del casco urbano del municipio de Nechí, Sector denominado Nuevo Mundo.

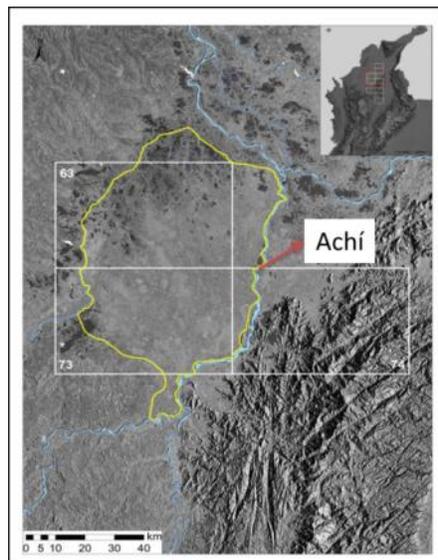


Figura 4-1. Localización y delimitación del Abanico Aluvial de la Mojana (contorno línea amarilla) sobre el DEM.

4.4.2.3 Red de drenaje:

La red de drenaje que presenta el área del Abanico Aluvial de la Mojana (Figura 4) son drenajes alargados en sentido NW a Norte subparalelos con una combinación entre un sistema trenzado, drenando hacia la ciénaga de Ayapel y el río San Jorge, donde los drenajes individualmente presentan un aspecto sinuoso a meándrico marcando esto su origen aluvial, definido por Stanistreet & McCarhty (1993).

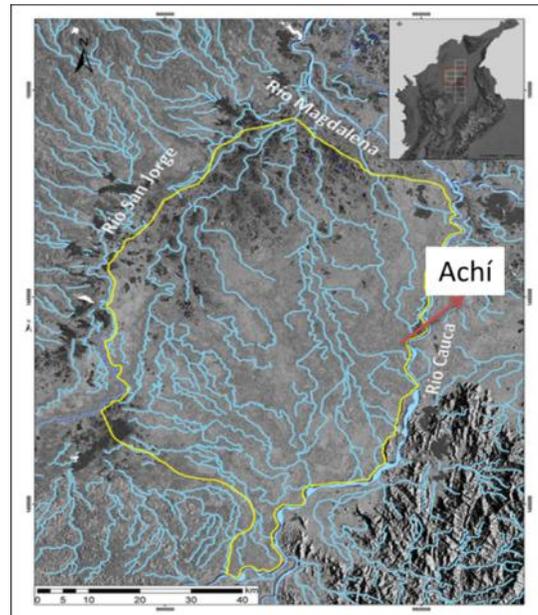


Figura 4-2. Red de drenaje del Abanico Aluvial de la Mojana.

Esta unidad presenta en superficie una morfología de colinas muy bajas, de menos de 3 metros de altura, hasta de 12 km de longitud, con direcciones entre N45W y N45E, dependiendo de su posición dentro de él. La amplitud de estas colinas no exceden los 2 km; y presenta cimas subredondeadas convexas y valles cóncavos muy amplios que definen un drenaje radial denso y laderas con muy baja pendiente; la pendiente del área en general es menor de 3 grados, además se presenta una moderada a fuerte erosión por la acción del pastoreo de ganado y por acción del agua (lluvia y corrientes de agua) que con el tiempo dejan al descubierto las raíces de árboles y hasta los aíslan por la falta de cohesión en el suelo por la ausencia o baja cantidad de arcillas en algunos sectores.

4.4.3 **Depósitos Fluviolacustres (Q2f)**

En este informe se usa el termino de Depósitos Fluviolacustres siguiendo la descripción de Mantilla *et al.*, 2006 donde indican que son depósitos compuestos de arenas finas y lodos.

4.4.3.1 Distribución geográfica:

Esta unidad cubre aproximadamente el 35% del área de la plancha y se localiza, principalmente, en el costado occidental y en pequeñas polígonos distribuidos de manera amplia e irregular en el resto del área de la plancha 73 - Ayapel, donde

se presentan los grandes cuerpos de agua de ciénagas como Ayapel, Hoyo Grande, Los Nidos y San Francisco, el Río San Jorge y los humedales que conforman la Mojana Sucreña.

4.4.3.2 Características Morfológicas:

La geomorfología corresponde a una topografía plana y extensa de zonas bajas con pocas ondulaciones, con pendientes menores del 3%, aledañas al Río San Jorge (C-3). Comprende las zonas inundadas permanentemente (Ciénagas) o parcialmente húmedas (Humedales o zápales), como en las inmediaciones de la ciénaga Corozal (C-9).

Una característica de la morfología plana en zonas inundadas es donde se conforman suelos fluviolacustre se presentan en las ciénagas de Ayapel y la Caimanera (D-2).



Figura 4-3. Morfología de humedales, en el caserío Sehebe (vista al oriente), Estación ENA-0119, Coordenadas 1426592mN, 891674mE (C-3).

4.4.3.3 Sedimentología

Esta unidad está conformada por los sedimentos que reposan sobre las demás unidades como son N2Q1s, Q1fal y Q2abm (descritas previamente en los numerales 4.3.1, 4.4.1, y 4.4.2 respectivamente) disectadas y/o erosionadas y que en la actualidad conforma caños, quebradas, cuerpos de agua que comprenden las ciénagas y sectores donde la cantidad de agua es muy baja, pero que siempre permanece húmeda y no permite el uso del suelo en otra actividad que no sea de pastoreo de ganado y de manera restrictiva y que favorece en buena medida la formación y/o acumulación de materia orgánica (zápales).

4.4.4 Depósitos Fluviales de Canal (Q_{2fc}).

Materiales no consolidados originados por la dinámica actual de las corrientes de agua, localizados hacia la parte sureste de la plancha a lo largo de los caños.

En el trabajo realizado por Mantilla *et al.* (2006) Para la plancha 64 describen los depósitos fluviales de canal, definiéndolas como material que actualmente es arrastrado por la dinámica de los ríos y están confinados a sus canales, dentro de los cuales se incluyen barras puntuales, longitudinales y transversales, diques naturales, islas e islotes.

4.4.4.1 Distribución geográfica:

Estos sedimentos se localizan en el extremo suroriental de la plancha en inmediaciones de los ríos Cauca y Caribona, información extraída de la foto interpretación.

4.4.4.2 Características morfológicas:

Se caracterizan por zonas de planicies asociados a los bajos topográficos de los depósitos aluviales que se extienden a lo largo de los ríos Cauca y Caribona generando terrenos planos y pequeños islotes.

4.4.4.3 Sedimentología

Se encuentran constituidos por materiales finos como arenas, limos y arcillas, no consolidados y se presentan a orillas de los afluentes hídricos o a pocos metros de ellos.

4.4.4.4 Origen

Se originan de los sedimentos transportados y depositados en los cauces por las corrientes principales y diferentes procesos de sedimentación como la acreción lateral, la acreción vertical o los depósitos de flujo.

4.5 **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

La Plancha 73 – Ayapel presenta los lineamientos San Jorge, Ayapel, San Jacinto, Nechi-San Jacinto y Sucre por el control estructural que presentan los drenajes con base en los sensores remotos (Figura 4-4).

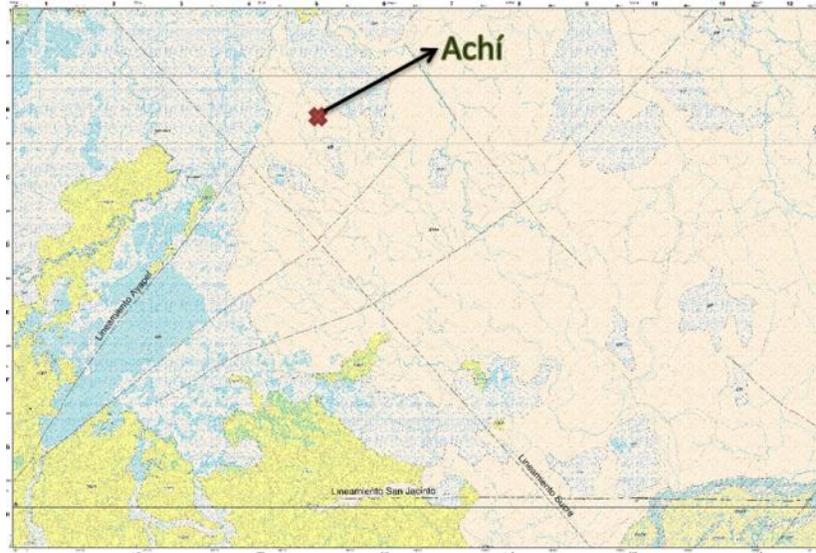


Figura 4-4. Lineamientos en el área de la PL 73.

4.5.1 Lineamiento San Jorge (Falla Ayapel)

Se localiza en la esquina NW del área; su expresión geomorfológica se observa por el control que ejerce sobre el Río San Jorge con una dirección N45E cruzando toda la Plancha 63 San Marcos. En Ujueta-Lozano (2007) el Lineamiento San Jorge presenta una dirección N40E con una longitud aproximada de 250 Km. Según Duque-Caro (1980) es una estructura controlada por el basamento.

Page (1986) le da el nombre de Falla Ayapel en el sector del Río San Jorge próximo a su desembocadura en el Río Magdalena y considera que es una falla normal con buzamiento al SE, e indica que en superficie se expresa en el cambio brusco de dirección NW a NE que el río Magdalena presenta a la altura de la población de Magangué y en el control que hacia el SW ejerce sobre el río San Jorge hasta la población de San Marcos.

Este en el sector de Magangué- San Marcos hace límite neto entre sedimentos terciarios al NW y abanicos aluviales cuaternarios hacia el SE, como lo señala el Mapa Geológico de GEOTEC (1988).

4.5.2 Lineamiento Ayapel

Su expresión corresponde a un alargamiento de la ciénaga de Ayapel con dirección NE y en este sentido alinea leves altos que corresponden a sedimentos del Grupo Sincelejo sobresaliendo de la zona de ciénaga de forma alargada entre las ciénagas de Cañafistula y Los Sábilos con una dirección N45E.

4.5.3 Lineamiento San Jacinto

Estructura que alinea los drenajes al occidente del área y controla el cauce del Río Cauca en el sector de San Jacinto en sentido W-E definiendo el cambio de pendiente y cortando las rocas sedimentarias del Grupo Sincelejo con las zonas bajas que conforman la zona de inundación por donde se generó la formación del abanico aluvial.

4.5.4 Lineamiento Sucre

El Lineamiento Sucre lo describe Duque-Caro (1980) indicando que presenta una dirección N55W y alcanza la costa caribe entre Sincelejo y Montería y sigue la depresión de Lorica-Sahagún; involucra la Falla de Lorica de dirección NW y separa los Anticlinorios o Bloques de San Jerónimo y de San Jacinto. La orientación de las estructuras localizadas al Nordeste del Lineamiento Sucre, en el Anticlinorio o Bloque de San Jacinto, cambian respecto a las estructuras en el Anticlinorio de San Jerónimo que consta de anticlinales y sinclinales poco numerosos de dirección N-S a N10°E. Hacia el SE de la Depresión de Lorica-Sahagún el lineamiento controla el Arroyo Montegrande que llega con dirección NW a la Ciénaga de La Cruz en cercanías de la población de San Marcos, luego controla el Caño San Martín hasta el caserío San Jacinto sobre el Río Nechí. En su continuación hacia el SE controla la Quebrada San Marcos sobre la Serranía de San Lucas. El lineamiento Sucre atraviesa la Serranía de San Lucas hasta llegar al Río Simití en el borde oriental de la serranía. Los bloques norte y sur, separados por este lineamiento, presentan modelos de drenaje completamente diferentes como se observa en el Mapa Topográfico, Escala 1:500.000, Plancha No.6 del IGAC (1972) en donde se empata con el Lineamiento Sogamoso que Ujueta-Lozano (2007) trae desde los Llanos Orientales hasta el borde oriental de la Serranía de San Lucas. El lineamiento secciona en dos partes la depresión tectónica de San Jorge.

4.5.5 Lineamiento Nechí-San Jacinto

En el área de estudio se observa un lineamiento con la misma tendencia de la Falla Espíritu Santo determinado por el control estructural que ejerce sobre el cauce del río Cauca en los sectores de Nechí al SW y astilleros al NE; otros rasgos que complementan para definir este lineamiento es la presencia de pequeños drenajes alineados, así como la ciénaga entre el Río Cauca y el Río Caribona que se observa alargada en este mismo sentido; similarmente ocurre con las desembocaduras del río Nechí y río Caribona al Cauca. La dirección aproximada de esta estructura es N40E, con una longitud en el área de 8 km.

4.6 CONDICIONES SÍSMICAS DE LA ZONA

De acuerdo con la ubicación del municipio de Achí pertenecientes a la región de la Mojana tiene una sismicidad INTERMEDIA. Esto se verificó de acuerdo a la NSR10 como se puede observar en la Figura 4-5 tomada del reglamento sismo resistente.

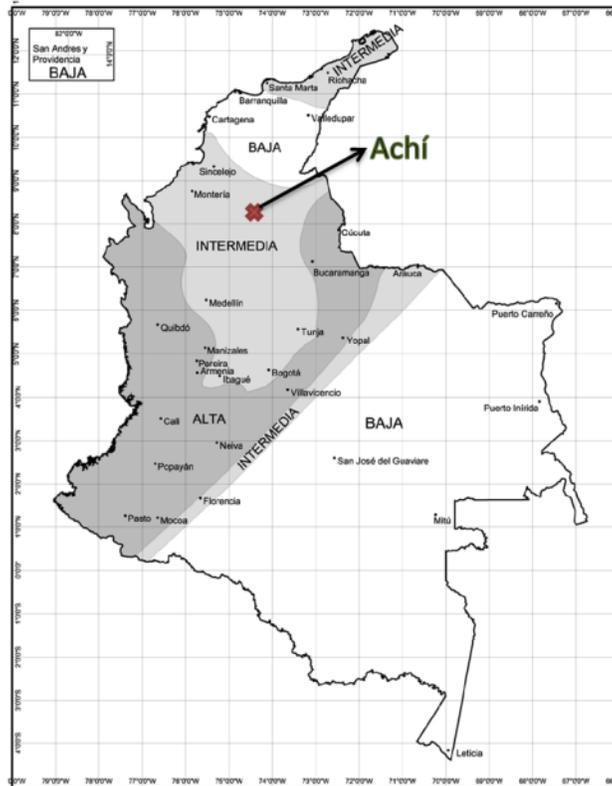


Figura 4-5. Zonas de amenaza sísmica según la norma sismo resistente del 2010.

Los parámetros de A_a (cociente de aceleración horizontal pico efectiva) y A_v (cociente de velocidad horizontal pico efectiva) fueron tomados del reglamento colombiano sismo resistente, teniendo en cuenta el espacio geográfico dentro del cual se encuentra la obra y su respectiva clasificación.

Municipio	Código Municipio	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica	A_e	A_d
Cartagena	13001	0.10	0.10	Baja	0.05	0.03
Achí	13006	0.15	0.15	Intermedia	0.07	0.04
Altos del Rosario	13030	0.15	0.15	Intermedia	0.06	0.03
Arenal	13042	0.15	0.15	Intermedia	0.05	0.04
Arjona	13052	0.10	0.10	Baja	0.05	0.03
Arroyohondo	13062	0.10	0.10	Baja	0.07	0.04

Figura 4-6. Tabla de valores de aceleración y velocidad en roca de acuerdo al código Colombiano.

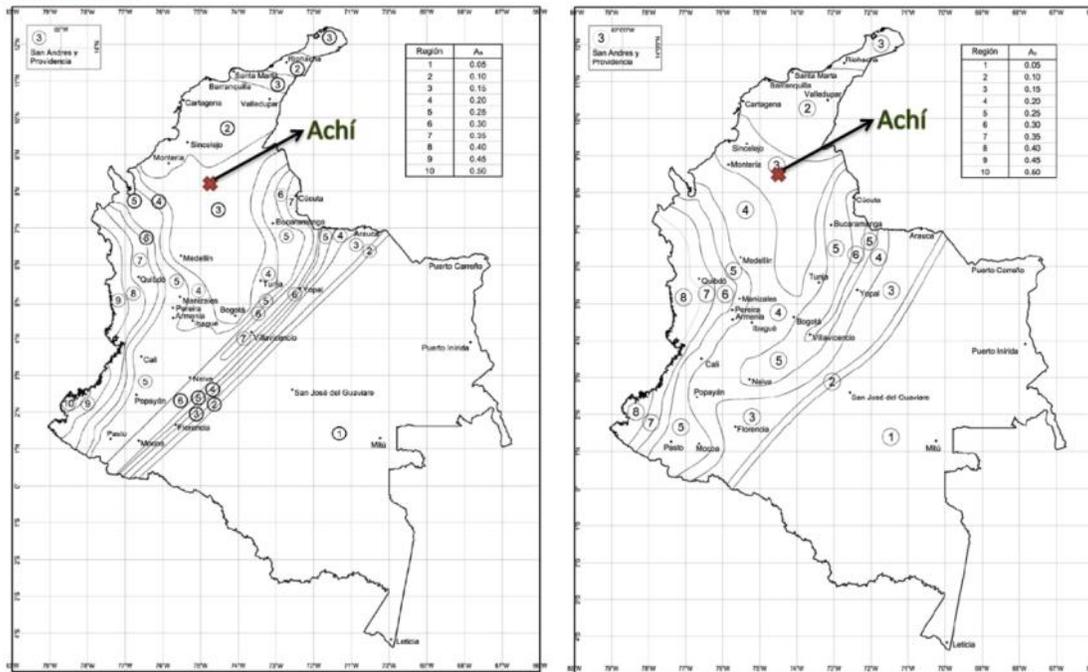


Figura 4-7. Mapa de valores Aa derecha, y de Av izquierda, en el territorio colombiano según la NSR-10.

5. CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA Y DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DEL MURO

Durante el mes de junio del año 2015 se realizó una visita de inspección preliminar al Muro en concreto localizado al costado oriental de la población de Achí, producto de la cual se generó el “Informe de Inspección Visual Preliminar, Componente Estructural, Muro Achí Bolívar” elaborado por la Firma Ingeniería de rehabilitación integral LTDA. (Ver Anexo A); en dicho documento se muestran las características geométricas y de construcción de la estructura evaluada, además de su estado actual. Durante esta visita se levantaron puntos donde por circunstancias particulares y teniendo en cuenta el criterio del equipo de especialistas que realizó la inspección visual a la estructura, se consideró pertinente hacer anotaciones particulares respecto a las patologías evidenciadas.

5.1 OBRAS HIDRÁULICAS ALEDAÑAS AL MURO DE PROTECCIÓN.

Durante la realización del recorrido de inspección visual se tuvieron en cuenta todos y cada uno de los aspectos que estuviesen directa o indirectamente relacionados con el funcionamiento y la estabilidad de las protecciones de orilla. Como parte de este reconocimiento se tuvieron en cuenta las obras aledañas que se han efectuado. En el tramo de estudio se encontró un dique el cual se presenta a continuación con su respectivo registro fotográfico.

La estructura encontrada corresponde a un dique al sur del muro de contención y en contacto directo con este. Este dique es relevante ya que las situaciones de inundación reportadas se han dado por el rompimiento del dique. El dique se conforma en tierra y de acuerdo con la inspección visual realizada tiene una altura entre 4 y 5 metros en la zona que está próxima a las protecciones de orilla. Su pendiente aguas abajo es en general de 1.6H:1V. De acuerdo con la inspección visual al material que lo constituye, y al procedimiento demarcado por la ASTM y aceptado por el INVIAS (ASTM D2488-09a 2009), el material del dique se conforma por limos de baja plasticidad con humedad media hasta alta humedad, donde se aprecia el agua libre en el suelo. La consistencia de este material se encontraba entre blanda a muy blanda. Es importante notar que en el día de la visita había llovido considerablemente la noche anterior lo que explica los resultados de consistencia y de humedad encontrados en campo. Esto puede indicar que la resistencia del dique es sensible a los contenidos de humedad. La geometría general de este dique se muestra en la Figura 5-1.



Figura 5-1. Dique entre la población de Achí y Majagual. Zona cercana a las protecciones de orilla estudiadas.

Este dique posee problemas por erosión en casi todo el trayecto observado. En estas zonas en algunos casos el río Cauca está en contacto directo con el dique lo que ha ocasionado una socavación muy pronunciada donde en la actualidad se tienen pendientes casi verticales. En la Figura 5-2 se muestra el caso mencionado anteriormente.



Figura 5-2. Sectores donde el dique está en contacto con el río Cauca.

En los sectores donde el dique y las protecciones de orillas son próximos, no se presenta socavación en la cara aguas arriba. Sin embargo al no haber bombeo en la corona del dique, la cara aguas abajo presenta evidencia de socavación leve como surcos.

Inmediatos al muro en concreto que es estudiado en este informe se encontraron espigones en acero que no contaban con un núcleo apreciable. La estructura poseía el momento de la inspección arriostros y no se observan daños o deterioro en el acero de la estructura. Por otro lado la parte en que el espigón estaba en el río no había un núcleo y las

bolsas habían desaparecido. En el día de la visita la estructura sobresalía 1.5 metros sobre el nivel del río. En la Figura 5-3 se presenta el espigón que se explica.



Figura 5-3. Fotografía de uno de los espigones en acero cercanos al muro Abs K0 +050.

Adicionalmente entre el río y el muro de contención había una protección de orilla conformada por bolsas rellenas de suelo-cemento y que visualmente no se evidenciaban daños que impidieran su servicio. Estas bolsas son mostradas en la Figura 5-4.



Figura 5-4. Protección de orilla en bolsas de suelo-cemento entre el río y el muro de contención Abs K0 +200.

5.2 ZONIFICACIÓN GEOMÉTRICA

Para la Zonificación Geométrica del Muro Achí se tuvieron en cuenta las dimensiones geométricas de la estructura (altura y ancho del muro). Para determinar esta geometría se realizó una inspección visual al muro donde se tomaron las medidas que sobresalen del muro. Para determinar la geometría del muro por debajo del terreno natural se realizaron tres apiques como se muestra en la Figura 5-5; adicionalmente se tuvo en cuenta tanto la información suministrada por los apiques realizados en la zona, exploraciones adelantadas con el objeto de identificar la geometría de las estructuras existentes. En la zonificación geométrica se tuvo en cuenta evidencias de afectaciones con base en la inspección visual al momento de la visita técnica realizada y si el muro presenta exposición o si se encuentra enterrado, entre otras.



Con base en la información recolectada durante la visita y en los criterios descritos anteriormente, se generó una zonificación de la estructura correspondiente al muro en concreto de la población Achí; dicha estructura se dividió en dos zonas que se describen en detalle a continuación. En la Figura 5-6 se muestra la Zonificación Geométrica; en las siguientes secciones se explicará cada zona con un mayor detalle.



Figura 5-6. Vista en planta de la ubicación del muro Achí y las Zonas Geométricas definidas.

5.2.1 Zona 1 Abs. K0+000 hasta K0+450

En esta zona el muro tiene una altura desde el nivel del suelo entre los 1.5 m hasta los 2.0 m en pocas ocasiones. De manera general el muro tiene los 1.5m de altura. El espesor del muro es de 40 cm como se aprecia en la Figura 5-7. En la apreciación visual no se observaron daños en la estructura, aunque es importante ver que el muro se encuentra en una zona propensa al deterioro debido a su proximidad al río.



Figura 5-7. Sección donde se aprecia el muro en la zona 1 Abs K0 +250.

De acuerdo con los apiques realizados esta zona, el muro tiene una geometría como la que se muestra en la Figura 5-8. Por medio de los apiques no se apreciaron daños del muro o inclinaciones de algún tipo que pudiesen indicar fallas en el

suelo de fundación. El muro de contención para la sección presentada alcanza los 26.3 msnm lo cual es inferior a la cota de la lámina de agua esperada cada 100 años.

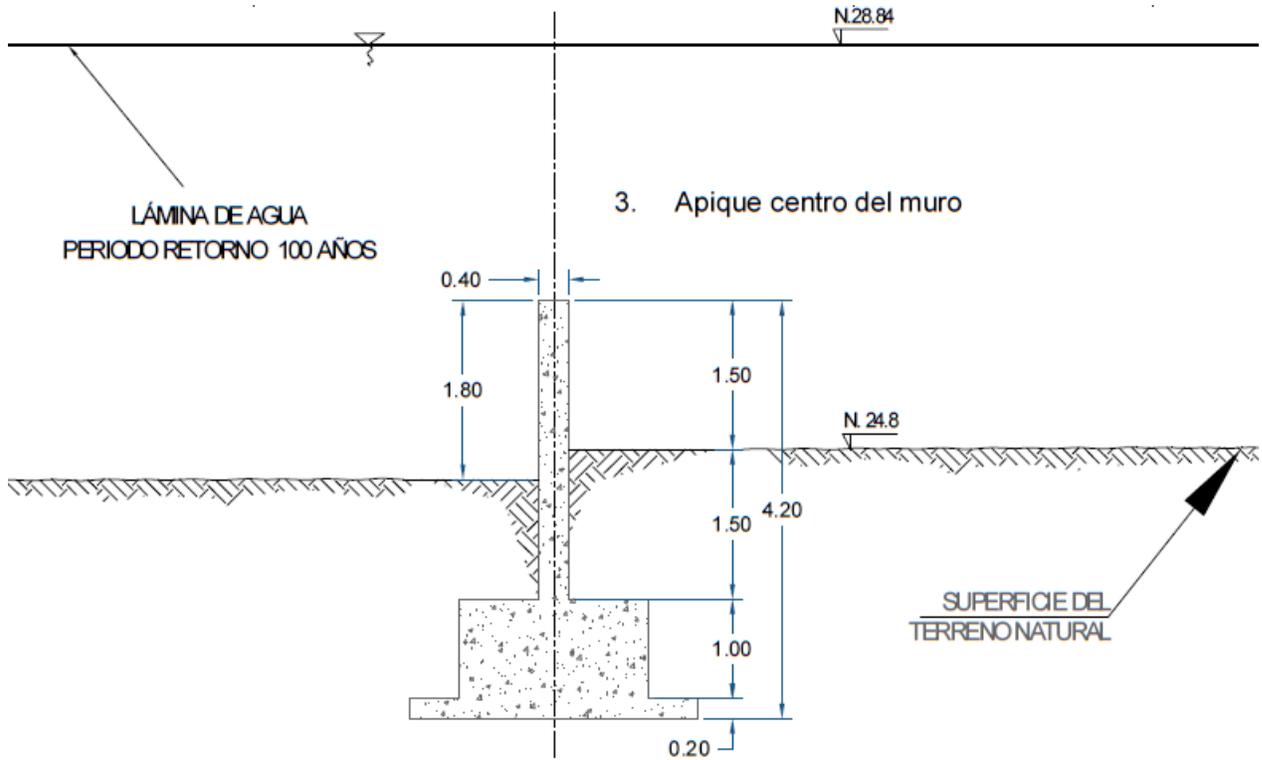


Figura 5-8. Sección típica del muro en la zona 1.

En este tramo estudiado, el muro presenta buenos acabados sin embargo se encuentran manchas en la superficie del concreto. Estas manchas son normales si se tiene en cuenta la humedad que hay en el sector. Aun así el muro no tiene daños considerables visualmente y esta se encuentra funcionando pues no se observó ninguna evidencia de alerta como inclinaciones o fisuras en la estructura.

Con base en esta inspección se considera que el muro tiene el refuerzo mínimo para garantizar la seguridad de acuerdo con la NSR-10. El acero mínimo para esta sección se muestra en el bosquejo presentado en la Figura 5-9.

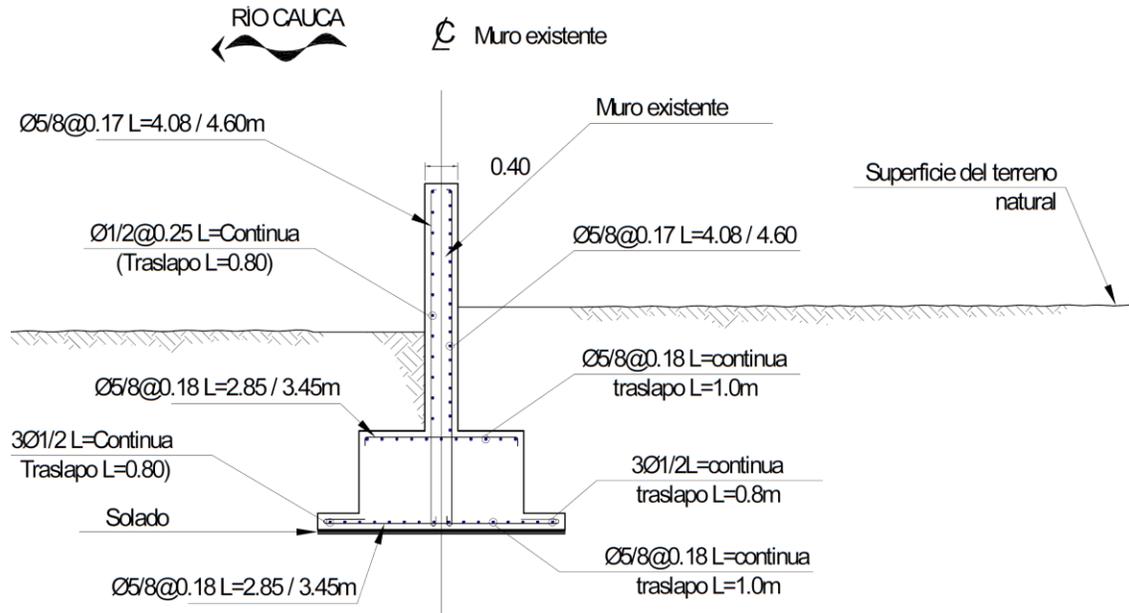


Figura 5-9. Acero de refuerzo en la zona 1 suponiendo que el muro tiene el mínimo requerido según la NSR-10.

5.2.2 Zona 2 Abs K0+450 hasta K0+574.6

Esta zona se caracteriza porque el muro tiene una altura inferior que no supera el metro de altura a diferencia de la zona anterior. En el punto final del muro, este apenas sobresale del suelo unos 40 cm. A lo largo de la zona la altura más usual del muro es de 1 metro. Adicionalmente, el muro tiene la misma altura en ambas caras.



Figura 5-10. Sección donde se aprecia el muro en la zona 2. Abs K0+520 foto superior, y K0+470 inferior.

De acuerdo con los apiques realizados en esta zona, la estructura tiene una geometría como la que se muestra en la Figura 5-11. Los apiques mostraron que la cimentación del muro tiene una forma escalonada. Es importante apreciar que el apique solo se realizó aguas abajo. Sin embargo debido a comentarios de los pobladores se dedujo que había simetría entre lo encontrado aguas abajo del muro con la geometría aguas arriba donde no se realizó un apique. De acuerdo a la misma figura, la corona del muro de contención se encuentra sobre los 26 msnm. Esto es insuficiente para contener una inundación con un periodo de retorno de 100 años.

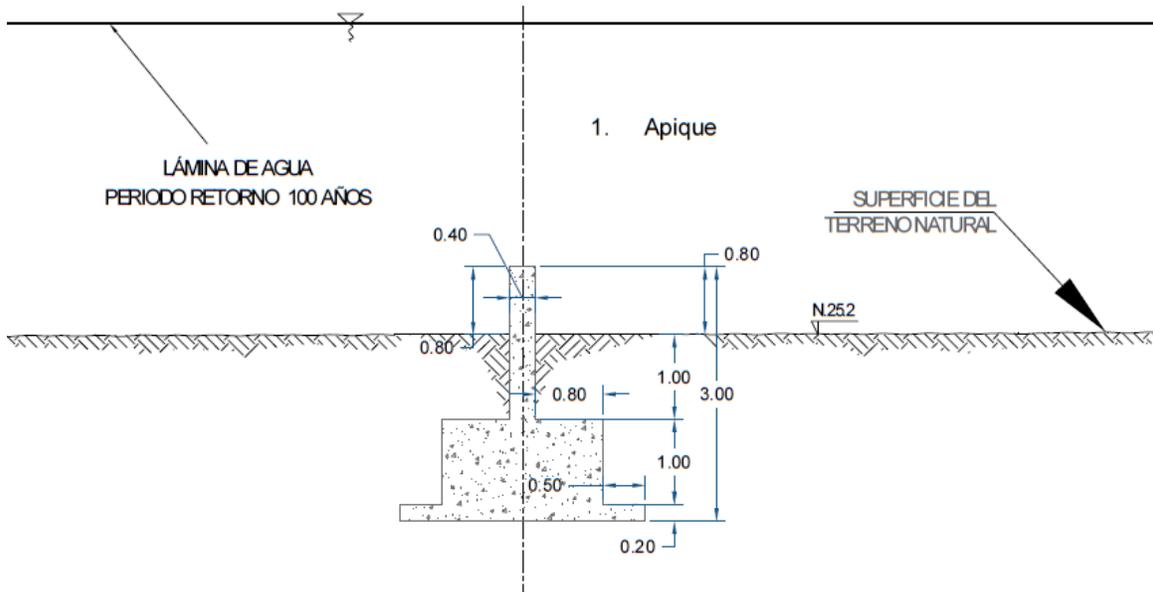


Figura 5-11. Sección típica del muro en la zona 2.

En este tramo estudiado del muro observamos un buen acabado del muro, sin embargo, debido a los cambios de nivel del afluente, al ponerse en contacto con la estructura produce algunas manchas en la superficie del concreto. De manera general no se apreciaron zonas donde el muro tuviera daños considerables visualmente. En algunos sectores se apreció que el muro tenía una alta humedad y de acuerdo con la humedad del ambiente en el momento de la visita, la cual fue del 54%, se considera que el muro está en un ambiente corrosivo. Sin embargo, en general la estructura se encuentra funcionando y debido al tiempo desde el que fue construida, y lo observado en campo se puede manifestar que el muro se encuentra bajo los estándares de la norma vigente ya que es una estructura de muy poco tiempo de construcción.

Basándose en lo descrito anteriormente, se estima la cantidad de acero que posee el muro en esta zona. Este se presenta en el bosquejo de la Figura 5-12

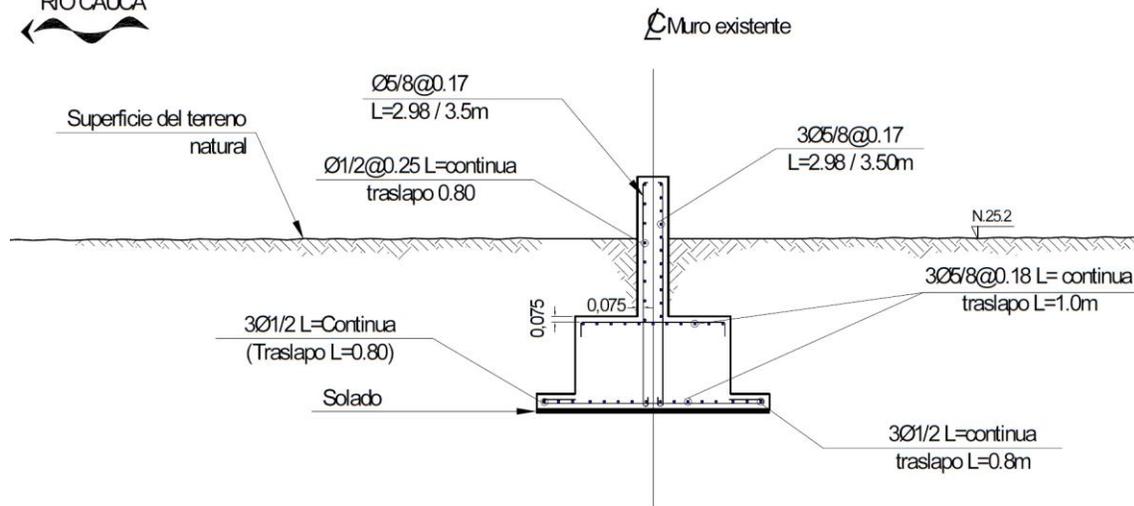


Figura 5-12. Acero de refuerzo en la zona 2 suponiendo que el muro tiene el mínimo requerido según la NSR-10.

5.3 ENSAYOS ESTRUCTURALES PROPUESTOS

Debido a la gran extensión del muro en concreto Achí y al buen estado en que se encuentra como se mencionó en la sección anterior. Se propone realizar el siguiente número de ensayos cada cincuenta (50) metros lineales de muro:

Inventario de Daños: 1 Unidad.

Carbonatación: 6 Unidades

Extracción de Núcleos para pantalla: 3 Unidades

Extracción de Núcleos para zarpa: 2 Unidades

Ultrasonido: 4 Unidades.

Cloruros, Sulfatos y Contenido de cemento: 3 Unidades

Scanner: 3 Unidades

Estos ensayos permitirán determinar con más precisión la cantidad del refuerzo y su estado de servicio. Estos datos serán de gran importancia en caso de que se haga un diseño detallado del muro de contención.

6. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

En este capítulo se presenta una descripción de los materiales que están presentes en la fundación del muro estudiado en Achí. Esta descripción es posible debido a la investigación geotécnica que se hizo en la zona, que constituyó la extracción de muestras de suelo y la ejecución de ensayos SPT, ensayo CPT, ensayos de laboratorio e In-situ, entre otros. A continuación se listan los principales materiales encontrados, su clasificación y caracterización. En este capítulo esta información será determinada y expuesta con los ensayos mencionados.

6.1 EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS

En la Tabla 6-1 se resumen las exploraciones con recobro y sin recobro realizados en la zona de influencia del muro en Achí. Para la caracterización y descripción del muro, se excavaron una serie de apiques, que se relacionan en la Tabla 6-1. En el Anexo B se presenta una vista en planta de la ubicación de estas exploraciones con recobro las cuales hicieron una recuperación continua del material.

Tabla 6-1. Resumen de perforaciones con recobro ejecutados sobre el suelo de fundación.

Nombre	Tipo	Abs.	Prof. (m)	Coordenadas				NF (m)
				Longitud	Latitud	X	Y	
PT-MACH-1	SPT	K0+000	10	-74.55526	8.56533	947406	1438976	7.5
CP-MACH-2	CPT	K0+100	10	-74.55520	8.56627	947412	1439080	-
PT-MACH-3	SPT	K0+300	10	-74.55479	8.56805	947458	1439277	5.0

6.2 EQUIPOS DE PERFORACIÓN

Para la ejecución de los trabajos solicitados, SUELOS INGENIERÍA cuenta en campo con los siguientes equipos de alta tecnología y con la capacidad suficiente requerida.

1. Equipo de Perforación Simco II 2400.
2. Equipo de Perforación Simco III 2800, véase Figura 6-1.



Figura 6-1. Foto del equipo de perforación Simco III.

3. Equipo de Perforación Direct Push para ensayo de penetración con cono (CPTu).
4. Equipo ACKER, véase Figura 6-2.



Figura 6-2. Foto del equipo de perforación Aquer.

Los equipos usados en cada perforación se muestran a continuación.

Tabla 6-2. Maquinaria usada en cada una de las perforaciones.

Perforación	Máquina de perforación	Abscisa	Coordenadas		Fecha de ejecución	
			Longitud	Latitud	Inicio	Fin
PT-MACH-1	Simco III	K0+000	-74.55526	8.56533	30/04/2015	30/04/2015
CP-MACH-2	CPT	K0+100	-74.55520	8.56627	30/04/2015	30/04/2015
PT-MACH-3	Simco III	K0+300	-74.55479	8.56805	31/04/2015	31/04/2015

Los apiques realizados se muestran a continuación:

Tabla 6-3. Apiques realizados al muro de contención.

Apique	Abscisa	Coordenadas		Fecha de ejecución	
		Longitud	Latitud	Inicio	Fin
AP- MACH -1	K0+000	-74.55416	8.57027	11/06/2015	11/06/2015
AP- MACH -2	K0+320	-74.55527	8.56544	11/06/2015	11/06/2015
AP- MACH -3	K0+560	-74.55472	8.56815	11/06/2015	11/06/2015

6.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

Para la clasificación y caracterización de los materiales extraídos de las exploraciones hechas en la zona se ejecutaron una serie de ensayos de laboratorio. Los resultados obtenidos de estos ensayos se compararon con la información arrojada por la interpretación del ensayo CPT hecho en la zona. A continuación (Tabla 6-4) se presenta un resumen de las cantidades en los ensayos de laboratorio ejecutados sobre las muestras extraídas y en el Anexo E se presentan en detalle los registros de los resultados de los ensayos. Los resultados de los ensayos ejecutados para cada perforación se resumen en el Anexo B.

La Tabla 6-4 presenta a continuación las normas sobre las cuales se basaron los métodos para la elaboración de los ensayos.

Tabla 6-4. Resumen de las normas utilizadas para la realización de los ensayos de laboratorio ejecutados sobre las muestras extraídas de las exploraciones hechas en este tramo del dique.

Ensayo	Cantidades de ensayo		
	Cantidad	ASTM	NTC
Humedad natural	25	D2216	1495
Granulometría	7	D6913	1522
Límites de consistencia (LL y LP)	6	D4318	4630
Peso Unitario de suelos cohesivos	2	D7263	-
Gravedad específica con picnómetro de agua	3	D854	1974
Corte directo (CD)	2	D3080	1917
Materia Orgánica	1	D2974	5403
Granulometría con hidrómetro	0	D422	-

Peso Unitario por desplazamiento	4	D7263	-
Compresión inconfina	2	D2166	1527

Las cantidades que se realizaron en cada ensayo son mostradas en la Tabla 6-5 y la Tabla 6-6.

Tabla 6-5. Primera parte del resumen de los ensayos de laboratorio ejecutados sobre las muestras extraídas de las exploraciones hechas en este tramo.

Perforación	Humedad	Granulometría	Límites de Atterberg	Peso unitario por desplazamiento	Peso unitario
PT-MACH-1	12	4	3	2	1
PT-MACH-3	13	3	3	2	1
Totales	25	7	6	4	2

Tabla 6-6. Segunda parte del resumen de los ensayos de laboratorio ejecutados sobre las muestras extraídas de las exploraciones hechas en este tramo.

Perforación	Gravedad específica	Materia orgánica	Corte Directo	Compresión inconfina	Dispersión en Doble hidrómetro	Consolidación
PT-MACH-1	1	0	1	1	1	0
PT-MACH-3	2	1	1	1	0	1
Totales	3	1	2	2	1	1

6.4 NIVEL FREÁTICO

El nivel freático es importante contemplarlo ya que su presencia afecta las propiedades mecánicas del suelo debido a su composición en general de finos. Con esto en cuenta, se puede observar en la donde se muestra el nivel freático en la zona de interés

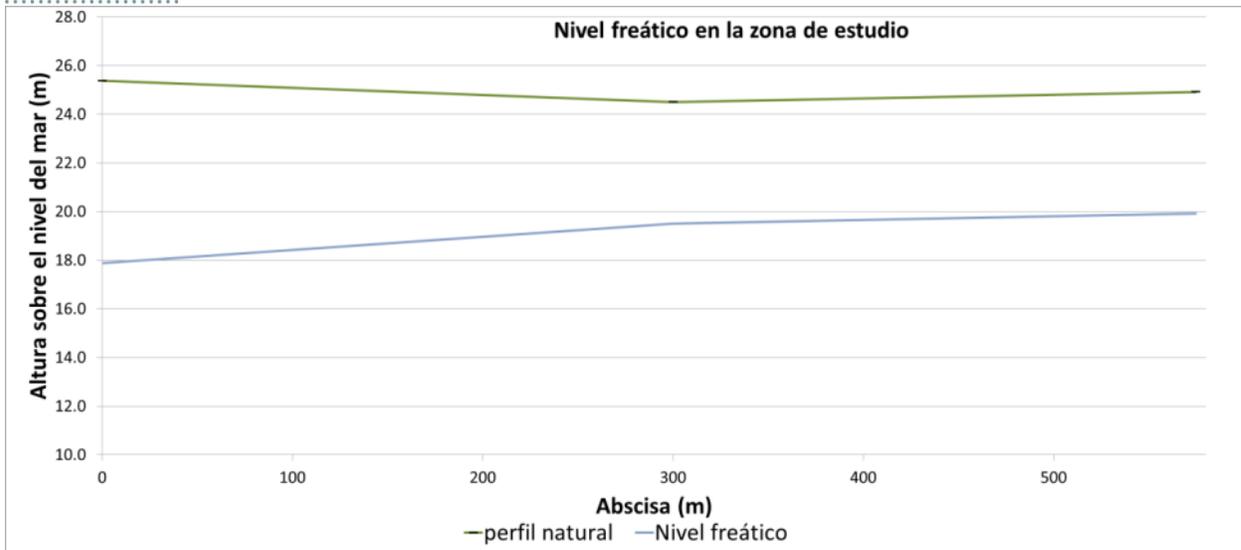


Figura 6-3. Gráfica del nivel freático a lo largo del tramo de estudio.

6.5 CRITERIOS DE CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Los principales criterios de clasificación se basan en los estándar de clasificación de suelos para propósitos ingenieriles de la American Society for Testing and Materials (ASTM D2487 2011).

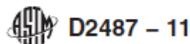


TABLE 1 Soil Classification Chart

Criteria for Assigning Group Symbols and Group Names Using Laboratory Tests ^A				Soil Classification		
				Group Symbol	Group Name ^B	
COARSE-GRAINED SOILS	Gravels (More than 50 % of coarse fraction retained on No. 4 sieve)	Clean Gravels (Less than 5 % fines ^C)	$Cu \geq 4$ and $1 \leq Cc \leq 3^D$	GW	Well-graded gravel ^E	
		Gravels with Fines (More than 12 % fines ^C)	$Cu < 4$ and/or $[Cc < 1$ or $Cc > 3]^D$	GP	Poorly graded gravel ^E	
	More than 50 % retained on No. 200 sieve	Sands (50 % or more of coarse fraction passes No. 4 sieve)	Clean Sands (Less than 5 % fines ^H)	$Cu \geq 6$ and $1 \leq Cc \leq 3^D$	SW	Well-graded sand ^F
		Sands with Fines (More than 12 % fines ^H)	$Cu < 6$ and/or $[Cc < 1$ or $Cc > 3]^D$	SP	Poorly graded sand ^F	
FINE-GRAINED SOILS	Sils and Clays	inorganic	$PI > 7$ and plots on or above "A" line ^J	CL	Lean clay ^{K,L,M}	
		organic	$PI < 4$ or plots below "A" line ^J	ML	Silt ^{K,L,M}	
	50 % or more passes the No. 200 sieve	Sils and Clays	inorganic	$Liquid\ limit - oven\ dried < 0.75$	OL	Organic clay ^{K,L,M,N}
			organic	$Liquid\ limit - not\ dried < 0.75$	OH	Organic silt ^{K,L,M,O}
		Sils and Clays	inorganic	PI plots on or above "A" line	CH	Fat clay ^{K,L,M}
			organic	PI plots below "A" line	MH	Elastic silt ^{K,L,M}
HIGHLY ORGANIC SOILS	Primarily organic matter, dark in color, and organic odor			PT	Peat	

Figura 6-4. Cuadro general de clasificación de suelos (ASTM D2487 2011).

Si bien la norma mencionada anteriormente se basa en el índice de plasticidad y el límite líquido para clasificar un material como limos o arcillas, en algunos casos esta clasificación será comparada con un análisis de granulometría por medio de hidrómetro. Para este análisis se determinará el porcentaje de arcillas y limos de acuerdo al límite presentado en la Tabla 6-7.

Tabla 6-7. Descripción por tamaño para partículas no sean clasificadas como arenas o gravas (Budhu 2007).

4. Descripción del tamaño para materiales que pasan el tamiz 200			
Material	Designación	Símbolo	Tamaño de partículas
Arcillas	Fina	C	$T < 2\mu$
Limos	Fina	M	$T > 2\mu$

En la Tabla 6-8 se muestran los valores tomados para clasificar la humedad del suelo. Estos criterios se basaron en valores tomados ampliamente en la literatura.

Tabla 6-8. Criterios de clasificación según la humedad natural reportada en campo

5. Humedad	
%	Clasificación
< 20	muy baja
20 - 40	baja
40 - 70	media
70 - 100	alta
> 100	muy alta

Los valores de la Tabla 6-9 evalúa el IP y clasifica la plasticidad de acuerdo a los criterios brindados. Como se observa esta clasificación tiene más criterios que otros sistemas de clasificación para plasticidad como el de la SUCS. Aun así, este sistema no contradice al del SUCS sino que permite discretizar mejor la información analizada.

Tabla 6-9. Criterios para clasificar la plasticidad del material.

6. Plasticidad	
IP, %	Descripción
0 - 1	No plástico
1,00 - 4,00	Ligeramente plástico
4,00 - 10,00	de plasticidad baja
10,00 - 20,00	de plasticidad media
20,00 - 35,00	de plasticidad alta
> 35	de plasticidad muy alta

La Tabla 6-10 y la Tabla 6-11 muestran los criterios para la interpretación de número de golpes en el ensayo de penetración estándar. Cada una interpreta los resultados dependiendo si se evalúan materiales cohesivos o no cohesivos.

Tabla 6-10. Criterios para clasificar la consistencia de suelos cohesivos.

7. Consistencia (suelos cohesivos)	
SPT, golpes/pie	Descripción

0 - 2	Muy blanda
2 - 4	blanda
4 - 8	medio firme
8 - 15	firme
15 - 30	muy firme
30 - 45	dura
>45	muy dura

Tabla 6-11. Criterios para clasificar la densidad de suelos granulares.

8. Densidad (suelos granulares)	
(N ₆₀) ₁ , golpes/pie	Descripción
0 - 3	muy suelta
4 - 10	suelta
10 - 20	medio suelta
20 - 30	medio densa
30 - 50	densa
>50	muy densa

Tabla 6-12. Criterios de clasificación de suelos según la materia orgánica (Huang, y otros 2008).

9. Clasificación basada en el SUCS	
Clasificación	Porcentaje (%)
Suelo altamente orgánico (turba)	> 30
Suelo orgánico	15-30
Suelo mineral con materia orgánica	3-15
Suelo mineral	< 3

Tabla 6-13. Criterios para describir la cantidad de materiales orgánicos basándose en el resultado del ensayo (Indiana Department of Transportation 2010).

11. Proporción de material orgánico	
% materia orgánica ensayo ASTM D2974 -14	Término
1 - 6	Con trazas de
7 - 12	Con poco de
13 - 18	Con algo de
19 - 30	Suelo orgánico
>30	Turba

Por último se debe aclarar que para analizar un estrato en los anteriores criterios se crea en cada caso un intervalo de valores significativos entre todos los obtenidos. Este intervalo es necesario crearlo ya que al analizar los estratos no se tiene un valor único para comparar con los anteriores criterios, sino un conjunto de datos provenientes de distintos

ensayos y fuentes de información. El intervalo de confianza se define entre el valor promedio obtenido menos la desviación estándar y el valor promedio más la desviación estándar. De acuerdo donde este conjunto de datos se ubique en cada caso, el estrato será clasificado.

6.6 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES ENCONTRADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

En esta sección se presenta una descripción de los materiales organizados en tres estratos. Cada estrato agrupa materiales con características similares los cuales fueron comparados con la información presentada en la sección 6.5, la presentada en el Anexo B y el Anexo E como resumen de los ensayos de laboratorio. Los suelos de un mismo estrato comparten propiedades similares en cuanto a: sus propiedades de resistencia, su permeabilidad, sus propiedades de dispersión, y sus características en cuanto a composición y humedad. El resultado final se puede apreciar en el Anexo C donde se muestra el perfil longitudinal del muro dividido por los estratos finales obtenidos.

La descripción presentada en esta sección se basa en los criterios de caracterización presentados en la sección 6.4. Por lo cual se muestra cada estrato en cuanto su consistencia o densidad, la clasificación de suelos por el S.U.C.S y las normas vigentes en Colombia para la caracterización de suelos, el tamaño de sus partículas, su estado de consistencia de acuerdo a la humedad, su grado de dispersividad, su contenido de materia orgánica, y cualquier otro dato que sea relevante en cada estrato. Los parámetros de resistencia, los parámetros de deformabilidad, y los parámetros de permeabilidad para cada estrato son presentados en las secciones posteriores.

A continuación se presenta para cada estrato la información explicada anteriormente.

6.6.1 Depósito aluvial limoso 1: Limos de color pardo olivo claro, plasticidad baja, consistencia medio firme.

Este estrato agrupa los suelos superficiales encontrados hasta los 7 metros de profundidad a lo largo del tramo de estudio. En general el estrato se extiende en todo el tramo de estudio para esta estructura. En la Figura 6-5 se muestra el estrato expuesto en esta sección en la perforación PT-MACH-1. Este material es un material fino húmedo aunque en la superficie del material se aprecia visualmente el material seco. Como se mencionó anteriormente el material puede ser encontrado al comienzo de todas las perforaciones. El color general del estrato es pardo olivo claro (2.5Y 5/3), aunque en la superficie se asemeja más a un amarillo pálido (2.5Y7/3).



Figura 6-5. Muestras de laboratorio del sondeo PT-MACH-1 donde se aprecia el estrato superficial.

En la Tabla 6-14 se observa a partir del análisis de granulometría que el estrato está conformado por partículas finas, el valor mínimo obtenido para el pasa 200 arroja un 84% de finos. Adicionalmente la presencia de arenas y demás materiales gruesos es inferior al 15% en todos los casos.

Tabla 6-14. Resumen de ensayos de granulometría para el depósito aluvial limoso 1.

	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
	T - N°4 (%)	T - N°40 (%)	T - N°200 (%)
Promedio	100	98	91
Desviación Estándar	0.0	1.8	5.8
CV	0.0%	1.8%	6.3%
Número de datos	3	3	4
Valor Mínimo	100.0	96.2	83.0
Valor Máximo	100.0	99.6	95.8

A este material se le realizaron apiques, de los cuales se extrajeron material y se obtuvieron los resultados de resumidos en la Tabla 6-15. En estas muestras se aprecian resultados muy similares a los mencionados previamente. Sin embargo hay una composición más arenosa debido a que se evaluó una zona muy superficial que es afectada por materiales y construcciones y actividades antrópicas. Sin embargo la clasificación del material con los resultados de los apiques son exactamente los mismos.

Tabla 6-15. Resumen de ensayos de granulometría realizados a las muestras extraídas de los apiques para el depósito aluvial limoso 1.

	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
	T - N°4 (%)	T - N°40 (%)	T - N°200 (%)

Promedio	100	98.9	76.9
Desviación Estándar	0.0	2.1	16.0
CV	0%	2%	21%
Número de datos	4	4	4
Valor Mínimo	100.0	95.8	55.7
Valor Máximo	100.0	100.0	94.3

De acuerdo a la clasificación mostrada en la Tabla 6-16, los suelos son de baja plasticidad y son limos teniendo en cuenta la clasificación de Casagrande. De acuerdo con los resultados de granulometría y la inspección visual de las muestras, de manera general el estrato es clasificado como un limo. En la Figura 6-6 se muestran los puntos en la carta de Casagrande. Adicionalmente en los cuatro (4) apiques realizados, el material fue clasificado como un limo.

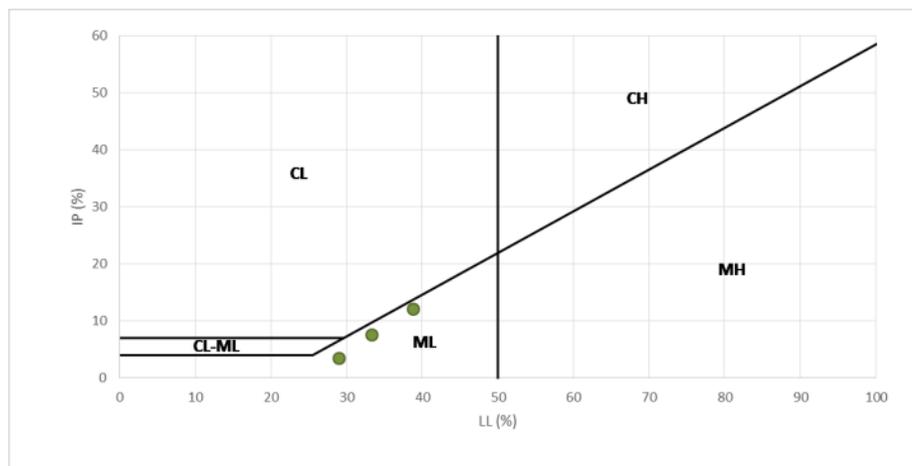


Figura 6-6. Ubicación de los casos evaluados en la carta de Casagrande para el estrato superficial.

Tabla 6-16. Clasificación de los suelos que conforman el depósito aluvial limoso 1 según la clasificación SUCS.

Clasificación SUCS			
CL	ML	MH	Total
0	3	0	3

La Tabla 6-17 muestra el resumen de los valores de SPT los cuales fueron escogidos dada la composición cohesiva del material. Los del ensayo de SPT se ubican entre los 5 y los 10 golpes por pie (intervalo de confianza, ver sección 6.5). Teniendo en cuenta esto se observa que el material tiene una consistencia entre medio firme a firme. Incluso la totalidad de los datos tomados para este estrato se clasifican en estos dos rangos de consistencia. De manera general y de manera conservadora este estrato se analizará y clasificará como un limo de consistencia medio firme.

Tabla 6-17. Ensayos de resistencia In situ para el depósito aluvial limoso 1.

	SPT
Promedio	8
Desviación Estándar	2.8
CV	35.2%
Número de datos	11
Valor Mínimo	4
Valor Máximo	12

Es importante anotar que los resultados de los ensayos superficiales (0m a 1m) fueron rechazados de este análisis. Esto se debe a que pues sus valores eran considerablemente distintos a los encontrados de manera general de su estrato. No se identificó un estrato de 0 a 1 metro de profundidad debido a su bajo espesor, la falta de muestras para realizar una correcta caracterización, su discutible interpretación de los resultados de SPT ya que son resultados superficiales, y la poca contribución que este estrato brinda a las superficies de falla que afectarían el muro de contención debido a su ubicación exclusivamente superficial.

En la Tabla 6-18 se observa que la humedad oscila generalmente entre el 18% y el 40% en la mayoría de los casos, con lo cual se puede catalogar el suelo como de baja humedad (ver Tabla 6-8). El comportamiento del suelo está en estado plástico en promedio pero se resalta la baja plasticidad que posee este estrato. De manera general el suelo está en los tres estados de consistencia a lo largo del tramo de estudio. Esto indica que la humedad es un factor determinante en las características de resistencia del material por lo que este estrato se analizará en estado líquido.

Tabla 6-18. Resumen del análisis para el comportamiento según la humedad en el estrato de depósito aluvial limoso 1.

	w (%)	Límites de Atterberg			
		LL (%)	LP (%)	IP (%)	Índice de liquidez
Promedio	29	34	26	8	-0.09
Desviación Estándar	11.0	4.9	0.6	4.3	NA
CV	37.8%	14.6%	2.5%	55.6%	NA
Número de datos	10	3	3	3	3
Valor Mínimo	17	29	26	4	-2.41
Valor Máximo	51	39	27	12	2.60

ND: No Disponible

NA: No Aplica

En la Figura 6-7 se muestra cómo cambian los valores de SPT, pasa 200, y el estado de consistencia con respecto a la profundidad en la perforación PT-MACH-1. En esta se observa que el número de golpes se mantiene de manera general con la profundidad. En cuanto al análisis del estado del suelo por humedad, esta varía entre en los tres estados de consistencia y aumenta con la profundidad. En el final del estrato el material posee una alta humedad y se encuentra en estado líquido. Mientras en la superficie el suelo posee una baja humedad. Aun así los suelos que conforman el estrato tienen propiedades de resistencia similares como se puede observar con los valores de SPT encontrados en campo. Los demás perfiles para las otras perforaciones se muestran en el Anexo B.

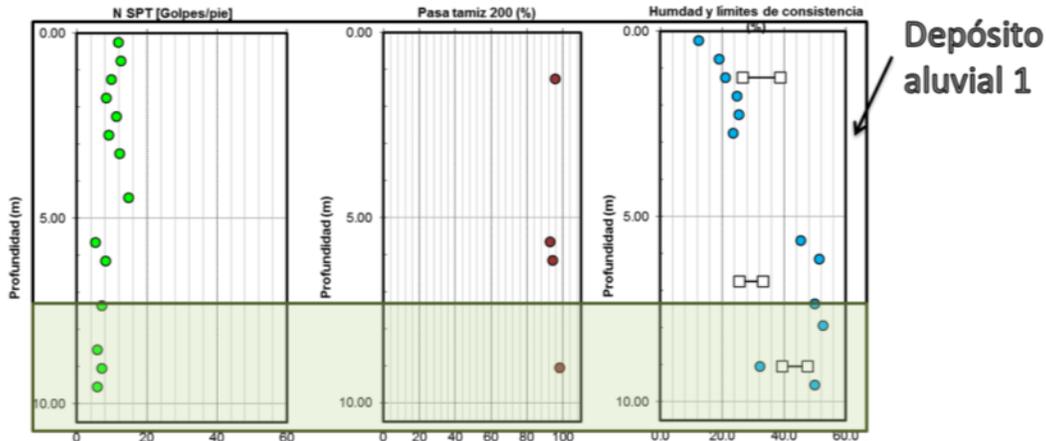


Figura 6-7. Esquema de los resultados en la perforación PT-MACH-1 donde se aprecia el cambio de los valores con la profundidad para el depósito aluvial limoso 1.

Para este estrato se realizó un ensayo para determinar el grado de dispersividad del suelo de fundación que se encuentra superficialmente. El ensayo empleado fue el de doble hidrómetro y arrojó una diferencia del 32% cuando se usó un dispersante. Esto clasifica al material como no cohesivo de dispersividad intermedia, pues supera el límite del 30% para ser clasificado como no dispersivo. De acuerdo con este resultado se considera que el material no es vulnerable de sufrir erosión química con el contacto de agua o con bajos gradientes hidráulicos. Sin embargo, se debe garantizar que en la zona el agua no se empoce cerca al muro por largos periodos de tiempo (varias semanas), pues esto puede generar erosión por dispersividad ya que el ensayo lo clasificó como intermedio.

En la Tabla 6-19 se muestran los resultados de gravedad específica. Esto permitirá determinar el gradiente crítico en las etapas posteriores a este proyecto. El valor promedio obtenido es de 2.78. Este valor es congruente con suelos aluviales.

Tabla 6-19. Resumen de ensayos de gravedad específica para el depósito aluvial limoso 1.

	Gs
Promedio	2.78
Desviación Estándar	0.04
CV	1.5%
Número de datos	2
Valor Mínimo	2.75
Valor Máximo	2.81

A este material no se le realizaron ensayos de materia orgánica dado que visualmente no se apreció presencia de esta de acuerdo con su color y olor. Sin embargo de acuerdo con el procedimiento de clasificación de la ASTM (ASTM D2487 2011), se realizó un ensayo para determinar el límite líquido en una muestra sin secar. Los resultados obtenidos se resumen a continuación.

Tabla 6-20. Análisis del límite líquido para evaluar si el suelo es orgánico.

	ω (%)
LL (Después de secado)	39
LL (Sin secar)	48
LL _{ds} / LL _{ss}	0.81

De acuerdo con el procedimiento la razón entre ambos límites es superior a 0.75. Con este resultado se clasifica al material como un material inorgánico.

6.6.2 Depósito aluvial limoso 2: Limos elásticos con algo de materia orgánica, de color olivo grisáceo, humedad media, plasticidad media, consistencia medio firme.

Este estrato agrupa los suelos finos encontrados después del depósito aluvial 1. Estos se presentan de manera general en todo el tramo de estudio. A pesar de que este material es similar visualmente al anterior, el depósito aluvial limoso 2 se diferencia del anterior en que posee una mayor plasticidad y diferentes propiedades mecánicas. En la Figura 6-5 se muestra el estrato expuesto en esta sección en la perforación PT-MACH-3. Este material es un material fino húmedo de consistencia firme de acuerdo a su caracterización visual. El color general del estrato es olivo grisáceo (5Y 4/2), aunque se puede hallar otras ocasiones como olivo oscuro grisáceo (5Y 3/2), esto clasifica como suelo 7 según la tabla de Munsell.



Figura 6-8. Muestras de laboratorio del sondeo PT-MACH-3 donde se aprecia el depósito aluvial limoso 2.

En la Tabla 6-14 se observa a partir del análisis de granulometría que el estrato está conformado por partículas finas, el valor mínimo obtenido para el pasa 200 arroja un 97% de finos. Esto indica que este material es fino en toda su extensión.

Tabla 6-21. Resumen de ensayos de granulometría para el depósito aluvial limoso 2.

	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
	T - N°4 (%)	T - N°40 (%)	T - N°200 (%)
Promedio	100	99	98
Desviación	0.0	0.4	1.0

Estándar			
CV	0.0%	0.4%	1.0%
Número de datos	2	2	2
Valor Mínimo	100	99	97
Valor Máximo	100	100	98

De acuerdo a la clasificación mostrada en la Tabla 6-16, los suelos son de baja a alta plasticidad y son limos teniendo en cuenta la clasificación de Casagrande. De acuerdo con los resultados de granulometría y la inspección visual de las muestras, de manera general el estrato es clasificado como un limo elástico. En la Figura 6-6 se muestran los puntos en la carta de Casagrande.

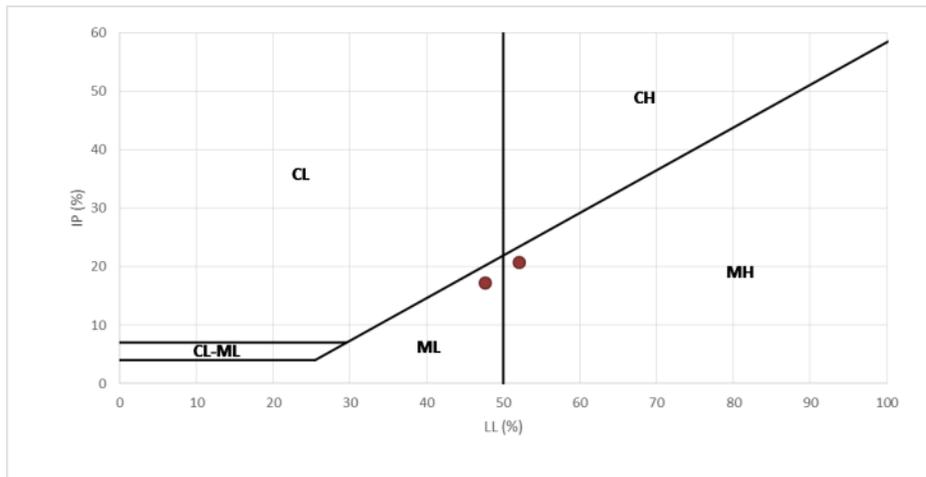


Figura 6-9. Ubicación de los casos evaluados en la carta de Casagrande para el depósito aluvial limoso 2.

Tabla 6-22. Clasificación de los suelos que conforman el depósito aluvial limoso 2 según la clasificación SUCS.

Clasificación SUCS			
CL	ML	MH	Total
0	1	1	2

La Tabla 6-23 muestra el resumen de los valores de SPT. Los datos de distribución muestran que la mayoría de golpes en el ensayo de SPT se ubican entre los 5 y los 7 golpes por pie. Estos valores indican que el material tiene una consistencia medio firme.

Tabla 6-23. Ensayos de resistencia In situ para el depósito aluvial limoso 2.

	SPT
Promedio	6
Desviación Estándar	1.2
CV	20.8%
Número de datos	8

Valor Mínimo	4
Valor Máximo	7

En la Tabla 6-24 se observa que la humedad oscila generalmente entre el 37% y el 52% en la mayoría de los casos, con lo cual se puede catalogar el suelo como de humedad media. El comportamiento del estrato en los análisis realizados lo ubican en comportamientos de consistencia semi-sólida a un estado plástico. De manera general el suelo se clasifica en un estado plástico. El índice de plasticidad tiene valores entre 17.2 y 20.7. Esto cataloga al material como de plasticidad media a alta. De manera general se clasifica al material como de plasticidad media de manera conservativa.

Tabla 6-24. Resumen del análisis para el comportamiento según la humedad en el depósito aluvial limoso 2.

	ω (%)	Límites de Atterberg			
		LL (%)	LP (%)	IP (%)	Índice de liquidez
Promedio	44.3	49.9	35.5	19.0	0.2
Desviación estándar	7.1	3.1	5.7	2.5	0.9
CV	16.0%	6.2%	16.2%	13.1%	NA
Número de datos	8	2	2	2	2
Valor Mínimo	32.3	47.7	31.4	17.2	-0.4
Valor Máximo	52.6	52.1	39.5	20.7	0.8

ND: No Disponible

NA: No Aplica

En la Figura 6-10 se muestra un ejemplo de cómo cambian valores de SPT, pasa 200, y el estado de consistencia con respecto a la profundidad para este estrato en una perforación representativa, PT-MACH-1. Esta perforación es representativa de este estrato. En esta se observa que el número de golpes del ensayo de SPT no varía con la profundidad. Se puede observar también que el estado de consistencia del material no cambia con a profundidad y se mantiene a lo largo de esta. En el final del estrato el material posee una alta humedad y se encuentra en estado líquido. Mientras en la superficie el suelo posee una baja humedad. Aun así los suelos que conforman el estrato tienen propiedades de resistencia similares como se puede observar con los valores de SPT encontrados en campo.

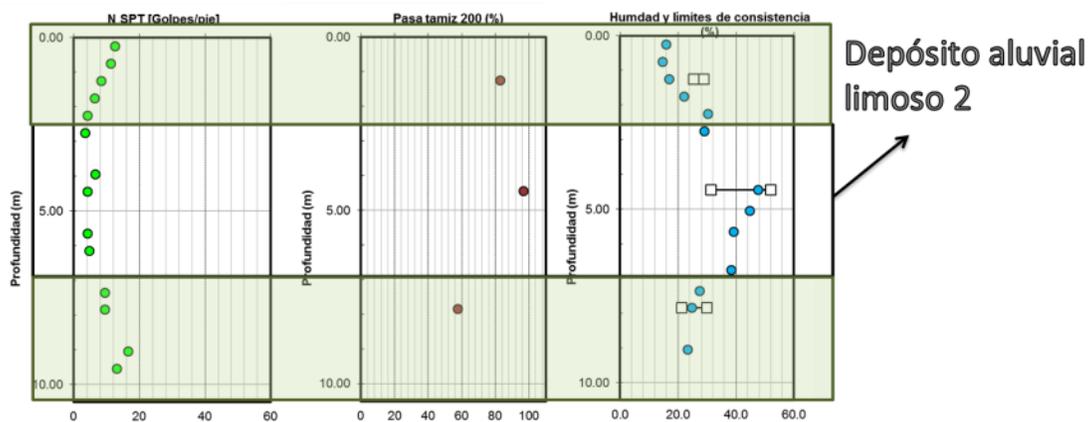


Figura 6-10. Esquema de los resultados en la perforación PT-MACH-1 donde se aprecia el cambio de los valores con la profundidad para el depósito aluvial limoso 2.

En la Tabla 6-25 se muestran los resultados de gravedad específica. Esto permitirá determinar el gradiente crítico en las etapas posteriores a este proyecto. El valor encontrado fue de 2.78 el cual es consistente con un suelo aluvial.

Tabla 6-25. Resumen de ensayos de gravedad específica para el depósito aluvial limoso 2.

Criterio	Gs
Promedio	2.78
Desviación Estándar	NA
CV	NA
Número de datos	1
Valor Mínimo	2.78
Valor Máximo	2.78

NA: No Aplica

Para este estrato se realizó un ensayo para determinar la materia orgánica. El resultado de este ensayo es del 11.4% lo que clasifica al material como un estrato de suelo mineral con algo de materia orgánica.

6.6.3 Depósito aluvial arcilloso arenoso: Arcillas magras arenosas de color gris, humedad baja, plasticidad baja, consistencia firme.

Este estrato agrupa suelos finos con una alta presencia de suelos granulares y valores del SPT altos con respecto a los estratos anteriores. Este estrato se encontró en el sondeo PT-POACH-3. Basándose en esta información, se estimó cómo se desarrolla el estrato durante el tramo evaluado. En general el estrato se extiende desde la abscisa K0 +080 hasta el final del tramo de estudio.

En la Figura 6-11 se muestra la perforación PT-MACH-3 donde se aprecia visualmente el material descrito. El color del material es gris (7.5YR 3/2). Este estrato fue identificado por las perforaciones CP-MACH-2 y PT-MACH-3. Este estrato se ubica con más profundidad que los estratos expuestos anteriormente, usualmente empiezan en los 7 metros continuando hasta el final de las perforaciones-

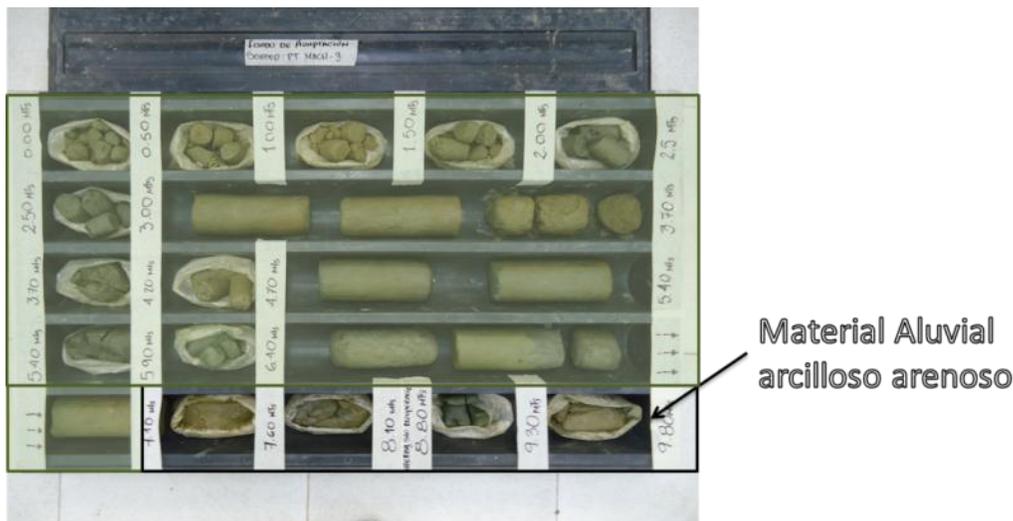


Figura 6-11. Muestras de laboratorio del sondeo PT-MACH-3 donde se aprecia el depósito aluvial arcilloso arenoso.

El análisis de granulometría es resumido en la Tabla 6-26 para este estrato. Los materiales finos son el 57.8% del material según el único ensayo de granulometría realizado. El 41.1% del material se conforma de arenas finas, mientras

el 1.1% de arenas gruesas. No se detectó presencia de gravas en este material. De este ensayo se concluye que el estrato se finos y arenas principalmente.

Tabla 6-26. Resumen de ensayos de granulometría para el depósito aluvial arcilloso arenoso.

	ANALISIS GRANULOMETRICO		
	T - N°4 (%)	T - N°40 (%)	T - N°200 (%)
Promedio	100.0	98.9	57.8
Desviación Estándar	NA	NA	NA
CV	NA	NA	NA
Número de datos	1	1	1
Valor Mínimo	100.0	98.9	57.8
Valor Máximo	100.0	98.9	57.8

NA: No Aplica

De acuerdo a la clasificación mostrada en la Tabla 6-27 que corresponde a la clasificación del SUCS, los suelos son arcillas magras. Integrando los resultados granulométricos la clasificación final del estrato es de una arcilla magra arenosa.

Tabla 6-27. Clasificación de los suelos que conforman el depósito aluvial arcilloso arenoso según la clasificación SUCS.

Clasificación SUCS	
CL	Total
1	1

La Tabla 6-28 muestra el resumen de los valores de SPT para el estrato analizado. Con esta información se establece que en el estrato la mayoría de ensayos dan valores entre los 9 golpes y los 15 golpes por pie. Por este motivo se clasifica al estrato como un material con consistencia firme.

Tabla 6-28. Ensayos de resistencia In situ para el depósito aluvial arcilloso arenoso.

	SPT (golpes/pie)
Promedio	12
Desviación Estándar	3
CV	0
Número de datos	4
Valor Mínimo	10
Valor Máximo	17

En la Tabla 6-29 se observa que para este estrato la humedad oscila entre el 23% y el 27% lo cual es un margen amplio. Esto indica que el material en general se puede catalogar como de baja humedad. De acuerdo al índice de plasticidad encontrado este material posee una plasticidad baja, y su estado de consistencia actual es plástico.

Tabla 6-29. Resumen del análisis para el comportamiento según la humedad en el depósito aluvial arcilloso arenoso.

	w (%)	Límites de Atterberg			
		LL (%)	LP (%)	IP (%)	Índice de liquidez
Promedio	25.2	30.0	21.3	8.7	0.4
Desviación Estándar	2.1	NA	NA	NA	NA
CV	8.3%	NA	NA	NA	NA
Número de datos	3	1	1	1	1
Valor Mínimo	23.3	30.0	21.3	8.7	0.4
Valor Máximo	27.4	30.0	21.3	8.7	0.4

NA: No Aplica

En la Figura 6-12 se muestra cómo cambian los valores de SPT, pasa 200, y la humedad del suelo con la profundidad para a perforación de SPT que fue hallado el material, PT-MACH-3. En este caso el número de golpes incrementa con la profundidad, y la humedad se reduce. Esto puede indicar que en profundidades mayores el estrato tendría mejores características mecánicas.

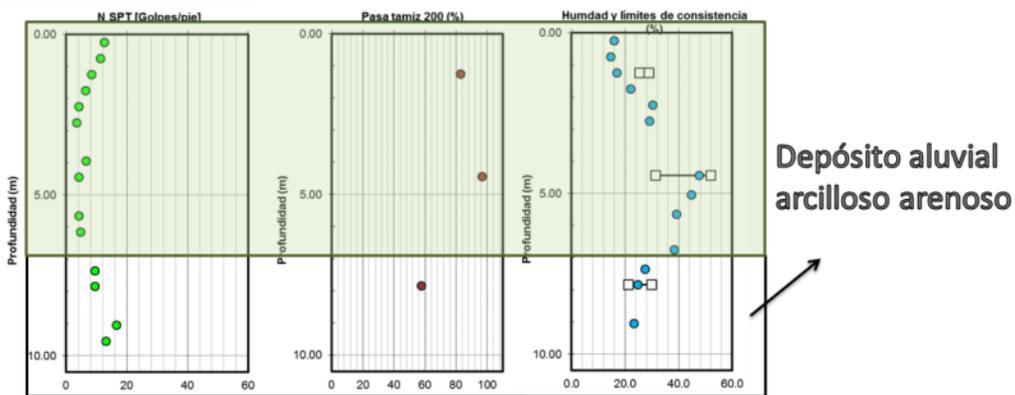


Figura 6-12. Esquema de los resultados en la perforación PT-MACH-3 donde se aprecia el cambio de los valores con la profundidad para el depósito aluvial arcilloso arenoso.

6.6.4 Resumen de la clasificación de los estratos.

En las Tabla 6-30 se resumen los análisis expuestos previamente.

Tabla 6-30. Resumen de caracterización geotécnica.

	Color	Descripción principal por tamaño	Humedad	Plasticidad	Consistencia (cohesivos)	Materia orgánica	SUCS	
Depósito aluvial limoso 1 de baja plasticidad:	Pardo olivo claro	Limos	Baja	Baja	Medio firme	Mineral Orgánico	ML-O	Limo
Depósito aluvial limoso 2 de plasticidad media:	Olivo grisáceo	Limos	Media	Media	Medio firme	Mineral Orgánico	ML-O	Limos elásticos
Depósito aluvial arcilloso arenoso:	Gris	Arcillas arenosas	Baja	Baja	Firme	Mineral	CL	Arcillas magras arenosas

ND: No disponible

6.7 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

De acuerdo con los análisis presentados en las secciones anteriores, se realizó una zonificación donde los estratos y el material del dique comparten características similares. Esta zonificación es mostrada en la Figura 6-13.

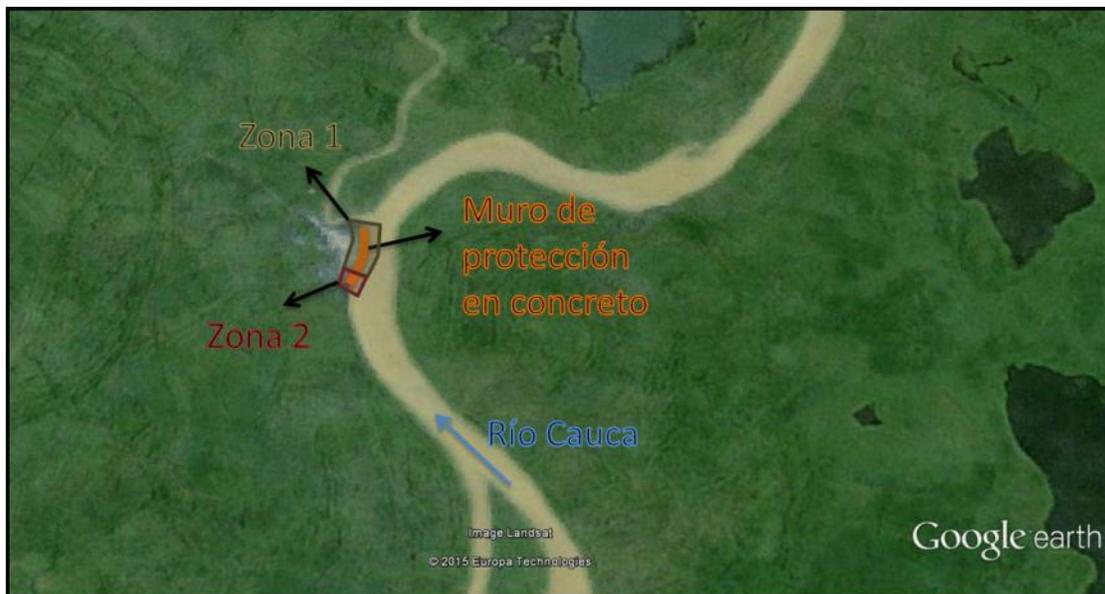


Figura 6-13. Zonificación geotécnica del suelo de fundación del dique marginal en el tramo de estudio.

Para cada zona de caracterización se tienen los estratos mostrados en la Tabla 6-30 y la Figura 6-14. Un bosquejo de la caracterización para cada zona es mostrada en la Figura 6-14.

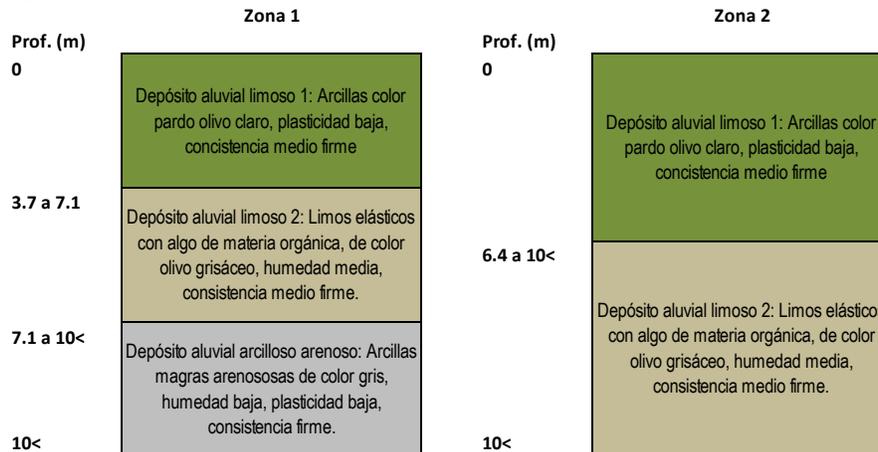


Figura 6-14. Bosquejos de la posición de los estratos en las diferentes zonas geotécnicas en la zona en el tramo de estudio.

La Tabla 6-31 resume las abscisas donde se estima que cada zona geotécnica es representativa.

Tabla 6-31. Resumen de la zonificación geotécnica del tramo de estudio.

Zona Geotécnica	Abscisa inicial	Abscisa final	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
1	k0 +000	K0 +080	Depósito aluvial limoso 1	Depósito aluvial limoso 2	Depósito aluvial arcilloso arenoso
2	K0 +080	K0 +575	Depósito aluvial limoso 1	Depósito aluvial limoso 2	No Encontrado

La Tabla 6-32 resume la zonificación global la cual resume la caracterización geométrica y geotécnica.

Tabla 6-32. Resumen de la zonificación global del tramo de estudio.

Zona global	Zona geométrica	Zona Geotécnica	Abscisa inicial	Abscisa final
Zona 1	1	1	k0 + 000	K0 +080
Zona 2	1	2	K0 +175	K0 +450
Zona 3	2	2	K0 +450	K0 +574.6

6.8 PARÁMETROS MECÁNICOS DE LOS ESTRATOS PRESENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

Los parámetros de resistencia son presentados en esta sección con el fin de modelar el comportamiento geo mecánico del suelo en las futuras etapas de este proyecto. Los parámetros de resistencia del suelo se definen para ser modelados según el criterio de falla de Mohr-Coulomb sin plasticidad y sin endurecimiento.

Para la determinación de los parámetros de resistencia al corte en condiciones drenadas y no drenadas se utilizaron dos metodologías: medidas directas a partir de pruebas de laboratorio, y estimación a partir de valores de penetración estándar y de clasificación.

6.8.1 Depósito aluvial limoso 1: limos de consistencia medio firme.

Sobre este estrato se realizó un ensayo de corte directo consolidado y drenado para caracterizar el material en condiciones drenadas. La Tabla 6-33 muestra los resultados obtenidos para la resistencia al corte.

Tabla 6-33. Resultados de la resistencia al corte drenado por ensayo de laboratorio para el depósito aluvial limoso.

Corte Directo CD	
Φ' (°)	c' (kPa)
21	2.8

De este acuerdo con la clasificación de este material los valores de cohesión deberían estar en el rango de 18 y 32 grados, (Minnesota Department of Transportation 2007). La cohesión para limo debería estar entre los 10 y los 20 kPa. De acuerdo con los resultados de laboratorio este material es menos cohesivo y friccionaste de lo esperado. Por lo cual se usa la correlación para resistencia al corte drenado recomendada por el cuerpo de ingenieros de los estados unidos la cual se muestra en la Figura 6-15. Basándose en esto se estima un ángulo de fricción de 28 grados.

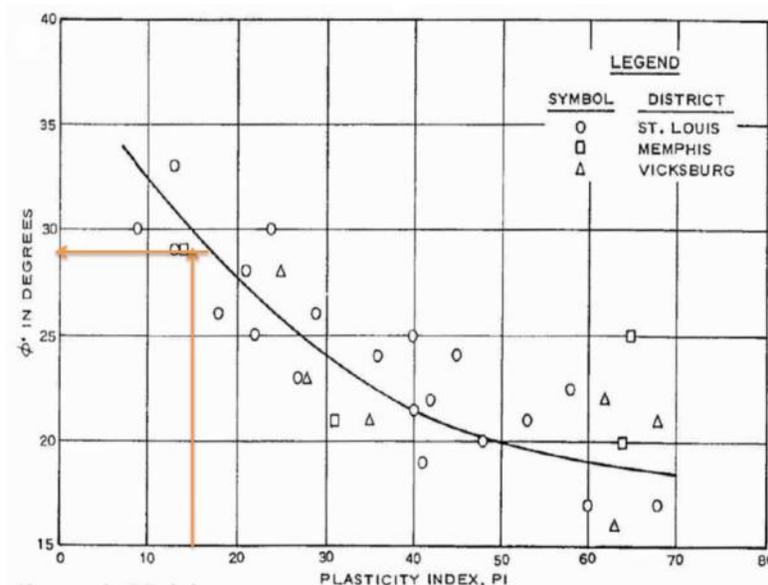


Figura 6-15. Correlación para el ángulo de fricción drenado con respecto al índice de plasticidad.

Interpretando los resultados obtenidos se deciden dar más peso al ensayo de corte directo. En cuanto a cohesión se toma 3 kPa como valor representativo de este estrato. Mientras como ángulo de fricción se decide promediar los valores obtenidos lo cual arroja que para este estrato se tomarán 24 grados como ángulo de fricción

Para estimar los resultados de resistencia al corte en condiciones no drenadas se usa los resultados de un ensayo de compresión confinada realizada a una muestra de este depósito. El resultado se resume en la Tabla 6-34.

Tabla 6-34. Resultados de la resistencia al corte no drenada por ensayo de laboratorio para el depósito aluvial limoso 1.

Compresión confinada	
Q_u (kPa)	S_u (kPa)

51.6	25.8
------	------

De acuerdo al grado de consistencia que es medio firme, este material debería tener una resistencia S_u entre los 25 kPa y los 50 kPa. Aunque es importante observar que parte de este material incluso se podía clasificar como firme, por lo que es de esperarse que algunos sectores del material tenga una resistencia mayor. Adicionalmente con el sondeo CPT realizado se obtuvo una resistencia al corte general de 42.8 kPa el cual se obtuvo con correlaciones las cuales fueron realizadas con la herramienta CPeT-IT. Con el fin de agrupar el comportamiento de los materiales que conforman este depósito, se estimó que la resistencia al corte no drenado del depósito en general es el promedio entre los valores arrojados por el CPTu y los obtenidos con compresiones inconfinaada. El valor final adoptado es de 34.3 kPa.

Como se observa en la Tabla 6-35, el promedio de los valores encontrados sobre el peso unitario por ensayos de laboratorio es de 17.5 kN/m³. La interpretación del CPTu arroja un resultado de 17.53 kN/m³, teniendo en cuenta los valores del SPT y la clasificación del material se esperaba un valor cercano a los 16.7 kN/m³ a 18.2 kN/m³; se decidió aceptar el valor promedio de los ensayos de 17.5 kN/m³.

Tabla 6-35. Resultados de los ensayos de laboratorio para peso unitario para el depósito aluvial limoso 1.

	Ensayo de laboratorio
	γ (kN/m ³)
Promedio	17.5
Desviación Estándar	1.5
CV	8.5%
Número de datos	4
Valor Mínimo	16.3
Valor Máximo	19.5

Este valor es superior al promedio de las densidades en campo, las cuales arrojan un promedio de 16.5 kN/m³. Este valor es inferior a lo esperado lo cual se da porque las muestras extraídas para los apiques son muy superficiales en comparación con la profundidad general del estrato. Por este motivo se escoge 17.5 kN/m³ como el peso unitario general de este estrato. Sin embargo de los resultados de los apiques como de la densidad, se puede decir que el suelo está en general muy cerca de la densidad máxima, 17.3 kN/m³ en promedio para estas muestras. La densidad obtenida de 16.5 kN/m³ en promedio indica que el material está al 95% de la densidad óptima por lo cual la densidad y los parámetros de resistencia adoptados son coherentes para un material de estas características. Así como no es de esperar que un cambio en la humedad del suelo genere un cambio significativo en la densidad de este estrato.

6.8.2 Depósito aluvial limoso 2: Limos elásticos de consistencia medio firme

Un limo de plasticidad media a alta debe tener un ángulo de fricción entre los 17 y los 35 grados (Association of Swiss Road and Traffic Engineers 2010). De acuerdo con el valor de la plasticidad promedio (19%) se espera que este material limoso tenga un ángulo de fricción de 22 grados (Lambe 1985). Para estimar la cohesión un material de estas características debe tener un valor cercano a los 10 kPa (Association of Swiss Road and Traffic Engineers 2010). Este valor fue adoptado como el valor característico de este estrato.

Si se promedian los valores anteriores se tendría un ángulo de fricción de 16 grados y una cohesión de 33.5 kPa. Esto no se consideró pertinente porque los valores están muy alejados entre sí para hacer este tipo de análisis, y se alejan de los valores esperados para un material con estas características. Basándose en esta información, se escogió que el

ángulo de fricción para este material es de 22 grados y una cohesión de 10 kPa que corresponde a los valores determinados de acuerdo a los resultados de caracterización y clasificación de este material.

En la Tabla 6-36 se muestran los resultados obtenidos para la resistencia al corte de acuerdo con un ensayo de corte directo realizado en este tramo.

Tabla 6-36. Resultados de corte directo para el depósito aluvial limoso 2.

Corte Directo CD	
Φ' (°)	c' (kPa)
9	57

Este corte directo arrojó resultados que no son los esperados como parámetros drenados para este tipo de material. La razón por la cual esto se da es que la velocidad usada no es adecuada para un material de plasticidad media a alta. Por esta razón se usará este resultado para determinar la cohesión no drenada del material. De acuerdo con la profundidad de este ensayo, se puede estimar una resistencia S_u de 76.01 kPa.

En la Tabla 6-37 se muestran los valores obtenidos por ensayos de compresión confinada que arrojan una resistencia de 99.6 kPa. Este valor es mayor al del estrato limoso 1 debido a que el estrato de limo 2 es de alta plasticidad y se espera que sus propiedades mecánicas sean superiores.

Tabla 6-37. Resistencia al corte no drenada determinada con ensayos de compresión confinada.

Q_u (kPa)	S_u (kPa)
199.2	99.6

Al tener en cuenta la clasificación del material se espera que el material tenga una resistencia al corte no drenado entre 25 kPa y 100kPa. Tomando las correlaciones mostradas en la Figura 6-16 la resistencia al corte no drenado es de 85 kPa. Sin embargo este valor es obtenido para arcillas de alta plasticidad. Por otro lado la resistencia al corte no drenada tomada de los ensayos de CPTu en promedio fue de 36.7 kPa para este estrato. Sin embargo este resultado no se toma en cuenta debido a que se considera que los ensayos de laboratorio son más confiables. Basándose en esta información se toma el valor promedio de los obtenidos en el laboratorio que es de 87.8 kPa

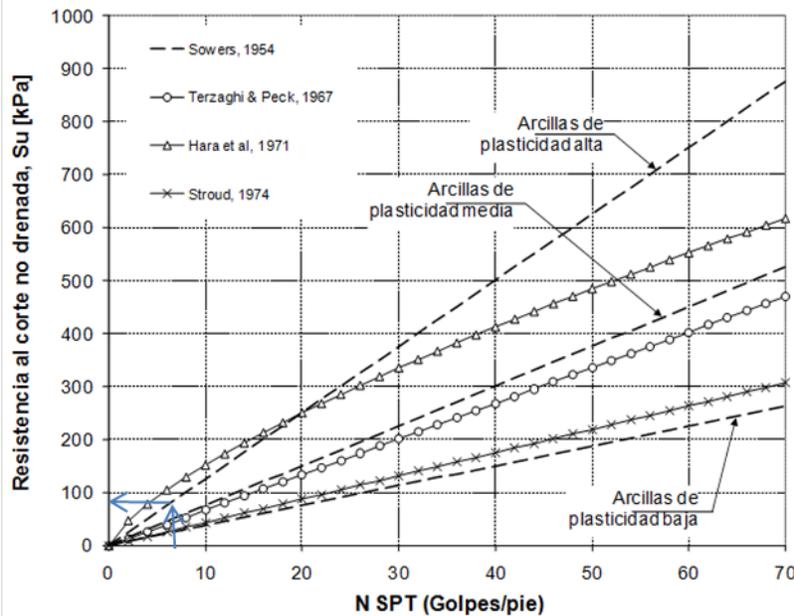


Figura 6-16. Correlaciones para suelos a partir del SPT reportado.

Con respecto al estrato limoso 1 que es de baja plasticidad y se encontraron propiedades mecánicas más débiles que para el estrato limoso 2, esto se explica porque el estrato limoso 2 tiene una mayor plasticidad. En la Figura 6-16 se puede observar que incluso para un mismo número de golpes provenientes del SPT, cuando se tiene un material de mayor plasticidad se espera que el resultado de resistencia sea mayor.

Como se observa en la Tabla 6-38, los valores encontrados sobre el peso unitario por un ensayo de laboratorio el cual arroja un resultado de 17.8 kN/m³. Ese valor es congruente con lo esperado para un material de estas características, el cual debería estar entre 16.0 kN/m³ y 20.5 kN/m³, por lo cual el resultado de 17.8 kN/m³ se acepta como representativo del depósito aluvial.

Tabla 6-38. Resultados de los ensayos de laboratorio para peso unitario.

Ensayo de laboratorio
γ (kN/m ³)
17.8

6.8.3 Depósito aluvial arcilloso arenoso: Arcillas magras arenosas de consistencia firme

Debido a que este material se halló en la parte final de las perforaciones a grandes profundidades no se realizaron ensayos de laboratorio en este suelo. Debido a esto los parámetros del material se basan especialmente en la interpretación del CTP y correlaciones del material.

Para un material arcilloso arenoso e baja plasticidad se espera que el ángulo de fricción drenado se encuentre entre los 27 y los 35 grados. De acuerdo al resultado arrojado con el CTPu el ángulo de fricción para este material es de 36.8 grados. Teniendo en cuenta ambos resultados se estimó que el depósito en general tiene un ángulo de fricción de 35 grados. Para estimar el valor de la cohesión drenada se usó la bibliografía que estima un valor alrededor de 4 kPa (Association of Swiss Road and Traffic Engineers 2010). Debido a la incertidumbre y el bajo valor esperado, se decidió tomar un valor de 0kPa para este material.

Para estimar el valor de la resistencia al corte no drenado se estimó de acuerdo al número de golpes. En 50 kPa como se muestra en la Tabla 6-17.

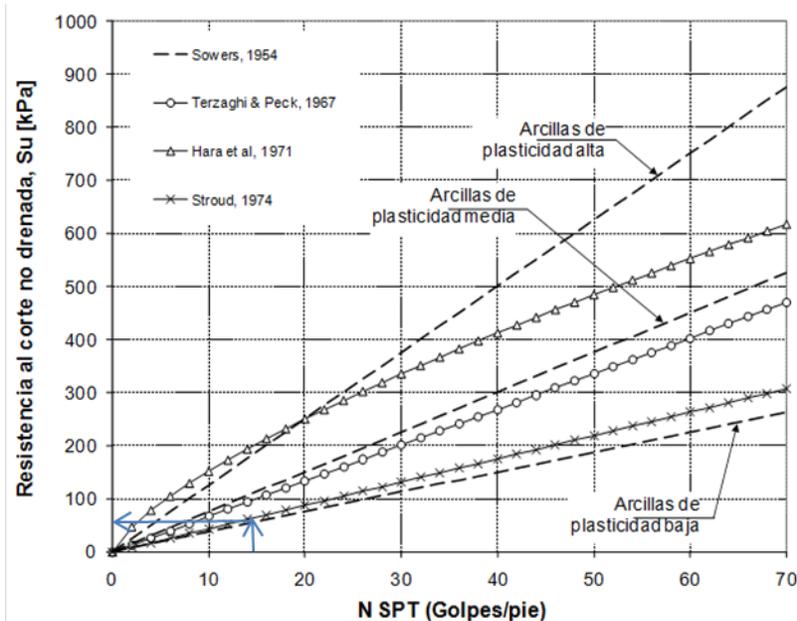


Figura 6-17. Estimación del valor de resistencia al corte no drenado teniendo en cuenta los valores del SPT.

Para este material se espera un valor alrededor de los 18.0 kN/m³ de acuerdo a su clasificación. El CPTu arrojó un valor de 17.9 kN/m³. Este material debería estar entre 17.5 kN/m³ y 21.0 kN/m³. Teniendo en cuenta que los resultados son muy similares, se toma como valor representativo del depósito 17.9 kN/m³.

6.8.4 Resumen de los parámetros de resistencia para los estratos.

Como se mencionó anteriormente, los análisis se realizarán con un modelo de Mohr-Coulomb sin plasticidad y sin endurecimiento para determinar la rotura. Los parámetros estimados para realizar los análisis futuros son mostrados en la Tabla 6-39.

Tabla 6-39. Resumen de los parámetros de los estratos para desarrollar un modelo de Mohr coulomb.

	Su (kPa)		
	min	max	Valor escogido
Depósito aluvial limoso 1: Baja plasticidad	25.0	50.0	34.3
Depósito aluvial limoso 2: Plasticidad media	36.7	100.0	87.8
Depósito aluvial arcilloso arenoso	50.0	50.0	50.0
	Φ (°)		
	min	max	Valor escogido
Depósito aluvial limoso 1: Baja plasticidad	18	32	24
Depósito aluvial limoso 2: Plasticidad media	9	35	22
Depósito aluvial arcilloso arenoso	27	37	35
	c (kPa)		
	min	max	Valor escogido
Depósito aluvial limoso 1: Baja plasticidad	3.0	20.0	3.0
Depósito aluvial limoso 2: Plasticidad media	10.0	57.0	10.0
Depósito aluvial arcilloso arenoso	0.0	4.0	0.0
	γ (kN/m ³)		
	min	max	Valor escogido
Depósito aluvial limoso 1: Baja plasticidad	16.7	18.2	17.5
Depósito aluvial limoso 2: Plasticidad media	16.0	20.5	17.8
Depósito aluvial arcilloso arenoso	17.5	21.0	17.9

6.9 PARÁMETROS DE DEFORMABILIDAD DE LOS ESTRATOS

Los parámetros de deformabilidad fueron establecidos por medio de ensayo de laboratorio, resultados del CPTu y correlaciones.

6.9.1 Determinación del módulo de Young y del Poisson para los materiales presentes en la zona.

Los módulos de elasticidad obtenidos para los diferentes estratos fueron determinados con la interpretación del CPTu y son mostrados en la Tabla 6-40. Finalmente el módulo de Poisson fue adoptado con base en valores típicos de la literatura. Véase (Budhu 2007).

Tabla 6-40. Módulo de elasticidad (Es) y de Poisson (v) de los estratos en el tramo de estudiado.

Tipo de material	Es (MPa)	v (-)
Depósito aluvial limoso 1	41.8	0.30
Depósito aluvial limoso 2	27.8	0.30
Depósito aluvial arcilloso arenoso	50.0	0.25

6.9.2 Determinación de los parámetros para valorar el comportamiento por consolidación

Para evaluar los resultados por consolidación se realizó un ensayo de consolidación que arrojó los siguientes resultados de deformación.

Tabla 6-41. Resumen de resultados de ensayos de consolidación para el depósito fino compuesto por arcillas limosas en el suelo de fundación aluvial 2.

Perforación	Profundidad del estrato (m)	σ_p (kPa)	Cr (-)	Cc (-)
PT-MACH-3	6.4 – 7.1	64	0.014	0.12

Como se puede ver de los resultados que se presentan en la Tabla 6-41 el material fino de fundación en este tramo se encuentra ligeramente sobre consolidado. Los parámetros de Cr y Cc se consideran representativos de los dos estratos superiores ya que poseen características similares en cuanto a tamaño, permeabilidad y clase de material. El OCR para cada depósito es calculado con el CPTu, los cuales se muestran a continuación.

Estrato	OCR
Depósito aluvial limoso 1	2.45
Depósito aluvial limoso 2	2.50
Depósito aluvial arcilloso arenoso	NA

NA: No Aplica

De acuerdo con los valores de OCR, los materiales son sobre consolidados lo cual permite estimar que el suelo está en capacidad de recibir carga sin tener altas deformaciones ni entrar en estado plástico mecánicamente. Esto será tenido en cuenta para determinar las intervenciones que son realizables en la zona de estudio.

Para calcular la condición actual del suelo se realizó el cálculo del índice de vacíos presentado por medio de la siguiente ecuación:

$$e = \frac{(1 + \omega)G_s - \gamma}{\gamma}$$

$$S = \frac{\gamma G_s \omega}{(G_s (1 + \omega) - \gamma)\gamma_w}$$

De estas fórmulas se obtiene para los estratos finos los resultados mostrados en la

Tabla 6-42. Resultados de la deformabilidad actual de los estratos finos.

Estrato	e	S
Depósito aluvial limoso 1	1.01	0.80
Depósito aluvial limoso 2	1.21	1.01

6.10 PERMEABILIDAD DE LOS ESTRATOS

En este tramo no se realizaron ensayos de permeabilidad en laboratorio y sus resultados son obtenidos de ensayos de CPTu.

Tabla 6-43. Resumen de los resultados con los parámetros de permeabilidad y los valores esperados (Association of Swiss Road and Traffic Engineers 2010).

Tipo de material	k por CPTu (m/s)	K esperado por clasificación (m/s)
Depósito aluvial limoso 1	3.31E-08	5.00E-09 a 1.00E-06
Depósito aluvial limoso 2	1.80E-09	5.00E-09 a 1.00E-06
Depósito aluvial arcilloso arenoso	3.84E-6	5.0E-09 a 2.5E-06

Como se observa en la tabla anterior la permeabilidad está dentro de los valores esperados en todos los casos a excepción del depósito aluvial limoso 2. Por esta razón se decidió escoger el valor de permeabilidad obtenido con la disipación y la perforación del CPTu para el depósito aluvial limoso 1 y el depósito aluvial arcilloso arenoso. Para el depósito aluvial limoso se escogió el valor mínimo esperado para este material ya que el valor obtenido con el CPTu es ligeramente menor. Finalmente se escoge 5.00E-09 m/s para este material. El resumen se muestra en la Tabla 6-44.

Tabla 6-44. Resumen de los valores escogidos de permeabilidad para cada material.

Tipo de material	k (m/s)
Depósito aluvial limoso 1	3.31E-08
Depósito aluvial limoso 2	5.00E-09
Depósito aluvial arcilloso arenoso	3.84E-6

7. CONCLUSIONES

Luego de realizar la descripción y caracterización geométrica y geotécnica del tramo de estudio que analiza el muro de protección en concreto de Achí se obtienen las siguientes conclusiones a partir del estudio realizado:

1. La estructura estudiada en el alcance de este informe, no cierra en el extremo norte con ninguna estructura de contención. Se recomienda integrar los análisis y las soluciones que serán presentados para esta estructura en este estudio, con las estructuras cercanas con el fin de garantizar la protección de inundaciones a la zona.
2. Basándose en la inspección visual de las estructuras, estas no presenta eventos que muestren un alto deterioro de la estructura actual. Esto debido a que no se apreció acero expuesto a la intemperie o que el concreto presentara grietas de interés.
3. La estructura se conforma por un muro de 40 cm de espesor que tiene una altura entre los 0.30 m y los 2 m. Su fundación es de manera escalonada y alcanza los 1.5 metros en la mayoría del muro.
4. El suelo del tramo de estudio se compone de materiales aluviales finos y en menor medida granulares.
5. Dentro de los ensayos realizados, no se encontró una cantidad de materia orgánica suficiente para clasificar alguno de los estratos como suelos orgánicos o de turbas en el tramo de estudio.
6. Luego de la visita de inspección visual, los apiques realizado, y teniendo en cuenta la clase de estructura hallada, el tramo de estudio fue dividido en 2 zonas según su altura.
7. La zona 1 corresponde donde el muro alcanza una altura de 2 m y mínima de 1 m. Esta es la zona mayoritaria del tramo de estudio.
8. La zona 2 corresponde al tramo del muro donde la altura del muro es inferior a 1 metro de altura. Este tramo mide 100 metros aproximadamente.
9. Para la caracterización de los estratos cercanos a las protecciones de orilla se llevó a cabo una campaña geotécnica compuesta de: 2 perforaciones con recobro con SPT y una perforación de CPT.
10. Sobre las muestras extraídas de las perforaciones con recobro se ejecutaron ensayos de laboratorio para determinar los parámetros de clasificación y caracterización de los estratos. Los ensayos de laboratorio ejecutados consisten de entre otros: humedad, granulometría con lavado, granulometría con hidrómetro, límites de consistencia, peso unitario, ensayos de corte directo, compresión confinada, contenido de materia orgánica, y doble hidrómetro.
11. Los suelos de la zona están compuestos en su mayoría por depósitos aluviales estratificados como limos y arena de grano fino. Los suelos limosos abundan en la superficie, mientras con la profundidad se pueden encontrar materiales limosos y arcillosos con arenas.
12. Los parámetros de resistencia al corte para condiciones drenadas (c' y ϕ') se calcularon por medio de ensayos de corte directo, y de correlaciones empíricas. Los valores obtenidos para los limos de baja plasticidad son 3kPa de cohesión, y 21 grados para ángulo de fricción. Para el depósito limoso 2 de plasticidad media se tienen parámetros de 10 grados y 57 kPa respectivamente.
13. El tercer material encontrado fue una arcilla arenosa, el cual fue caracterizado con un valores de 0kPa de cohesión y un ángulo de fricción de 35 grados.
14. El suelo de fundación fue caracterizado con tres materiales de diferentes características. Entre las diferencias encontradas, se destaca la resistencia entre estos. La cohesión para los diferentes estratos varía entre los 0 kPa hasta los 10 kPa. Su ángulo de 22 los 37 grados.
15. Los parámetros de resistencia al corte no drenado para el suelo de fundación se obtuvieron por medio de ensayos de compresión confinada y correlaciones con la clasificación de cada material.
16. De acuerdo con la clasificación realizada, el suelo se conforma por limos en su gran mayoría. Solo a profundidades mayores hay arcillas arenosas.

17. Los valores obtenidos son congruentes con los valores esperados por la bibliografía. En general los materiales superficiales tienen valores del orden de magnitud $\times 10^{-9}$ m/s mientras los materiales profundos poseen permeabilidades superiores al orden de $\times 10^{-6}$ m/s.
18. Se relacionaron las zonificaciones tanto geotécnica como geométrica de este tramo de estudio, dando origen a una zonificación global presentada en la tabla que se muestra a continuación.

Zona global	Zona geométrica	Zona Geotécnica	Abscisa inicial	Abscisa final
Zona 1	1	1	K0 + 000	K0 +175
Zona 2	2	1	K0 +175	K0 +300
Zona 3	2	2	K0 +300	K0 +680
Zona 4	3	3	K0 +680	K1 +057

19. De acuerdo a los resultados obtenidos los suelos presentes en el tramo de estudio fueron agrupados en cuatro estratos. Los parámetros geo-mecánicos y de comportamiento hidráulico que serán utilizados en la etapa de análisis de las estructuras, son resumidas en la tabla presentada a continuación.

Material	Consistencia o descripción de densidad	γ (kN/m ³)	Resistencia al corte no drenado	Resistencia al corte en términos de esfuerzos efectivos		Permeabilidad k (m/s)
			Su (kPa)	c' (kPa)	ϕ' (°)	
Depósito aluvial 1: Baja Plasticidad	Medio Firme	17.5	34.3	3	24	3.31E-08
Depósito aluvial 2: Baja Plasticidad	Medio Firme	17.8	87.8	10	22	5.00E-09
Estrato de aluvial arcilloso arenoso	Firme	17.9	50	0	35	3.84E-06

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- al, J.A. Jimenez Salas et. *Geotecnia y Cimientos II*. Madrid: Editorial Rueda, 1981.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. «Título H Estudios Geotécnicos.» En *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*. Bogotá, 2010.
- Association of Swiss Road and Traffic Engineers. «Swiss Standard SN 670 010b.» Manual, Bern, 2010, Characteristic Coefficients of soils.
- ASTM D2487. *Standard Practice for Classification of soils for Engineering Purposes (USCS)*. Standar designation, ASTM International, 2011.
- ASTM D2488-09a. *Standar Practice for Description and Identification of Soils (visual-Manual Procedure)*. Estandar Internacional, ASTM International, 2009.
- ASTM D5715. *Standard practice for estimating the degree of humification of peat and other orgaic soils*. Estandar, ASTM international, 2014.
- ASTM. *Standard Practice for Classification of soils for Engineering Purposes (USCS=*. Standar designation, ASTM International, 2011.
- Bowles, Joseph. *Foundation Analysis and Design*. Quinta. Singapur: McGraw-Hill, 1997.
- Budhu, M. *Soil mechanics and foundations*. Wiley, 2007.
- Carter, M., y S. Bentley. *Correlations of soil properties*. Londres: Penetech Press Publishers, 1991.
- . *Correlations of soils properties*. London: Penetech Press Publishers, 1991.
- Covo, A.I. *Introducción a la Mecánica de Suelos*. Cartagena, 2003.
- Day, Robert W. “*Foundation Engineering Handbook*” *Design and construction with the 2006 International Building Code*. Vol. Part 2. McGraw construction, 2006.
- Ecovias S.A.S. *INTERVENTORÍA PARA LA URGENCIA MANIFIESTA PRESENTADA EN LOS SITIOS EL CERRO SANTA ANITA, RÍO CAUCA, MUNICIPIO DE NECHÍ, DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA, REGIÓN DE LA MOJANA*. Informe final interventoría, INVÍAS, 2012.
- Ecovias S.A.S. *INTERVENTORÍA PARA LA URGENCIA MANIFIESTA PRESENTADA EN LOS SITIOS EL CERRO SANTA ANITA, RÍO CAUCA, MUNICIPIO DE NECHÍ, DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA, REGIÓN DE LA MOJANA Y REFORZAMIENTO DE LAS OBRAS EN EL SITIO JOSÉ BRAVO*. Informe Final, Bogotá D.C: INVIAS, 2012.
- Huang, Pao-Tsung, Mital Patel, Maria Satagata, y Antonio Bobet. *Classification of organic soils*. Final Report, Purdue University, West Lafayette: Scool of civil engineering, 2008.

Idriss, IM, y RW Boulanger. «Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes.» *Soil dynamic and Earthquake Engineering* XXVI, n° 2 (2006): 115-130.

Indiana Department of Transportation. «Geotechnical services.» 28 de Julio de 2010. www.in.gov/indot/2804.htm (último acceso: 15 de Abril de 2015).

INVIAS. *Artículo 220-07 Especificaciones Terraplenes*. Artículo, Bogotá: INVIAS, 2007.

—. *Manual de diseño geométrico de carreteras*. 2014.

Kezdi, A. *Handbook of soils Mechanics*. Amsterdam: Elsevier, 1974.

Koloski, Jon W., D. Schwarz Sigmund, y Donald W. Tubbs. *Geotechnical properties of geologic materials*. Washington: Engineering geology in Washington, 1989.

Lambe, T.W. *Amuay Landslides*. San Francisco: 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1985.

Lunne, Tom, Peter K. Robertson, y John J.M. Powell. *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice*. New York: Spon Press, 1997.

Ministerio de Salud. «MinSalud.» *Controla el Chikunguña en tres pasos*. 2015. http://www.minsalud.gov.co/salud/publica/PET/Paginas/chikunguna.aspx#btn_controlalo (último acceso: 29 de Junio de 2015).

Ministerio de Transporte. *Resolución No. 004100*. Resolución, Bogotá: República de Colombia, 2004.

Minnesota Department of Transportation. «Pavement Design.» Manual, Saint Paul, Minnesota, 2007.

Obrzud R. & Truty, A. «THE HARDENING SOIL MODEL - A PRACTICAL GUIDEBOOK Z Soil.» Reporte, 2012.

Peak, R., W. Hanson, y T. Thornburn. *Foundations Engeneering Handbook*. London: Wiley, 1974.

Santamarina, J., A. Altschaeffl, y J. Chameau. *Realiability of Slopes: Incorporating Qualitative Information*. Transportation Research Record 1343, 1992.

Sherard, James L., Richard J. Woodward, Stanley F. Gizienski, y William A. Clevenger. *Earth-Rock Dams*. John Wiley & Sons, 1963.

Suelos Ingeniería. *DIQUE 6 - NECHI - DIQUE MARGINAL TRAMO COLORADO – NECHI*. INFORME DE CARACTERIZACION GEOMETRICA Y GEOTECNICA DE LA ESTRUCTURA, Barranquilla: Fondo Adaptación, 2015.

Suelos Ingeniería. «Informe de caracterización getécnica y geométrica de la estructura - Dique 9 Tramo Nechí a San Jacinto del Cauca.» Reporte, Barranquilla, 2015.

Tatsuoka, F, T Iwasaki, Tokida K, y S Yasuda. «Soils and foundations.» *Soils and Foundations* IV, n° 4 (1980): 95-111.

Universidad del Norte. «ESTUDIOS HIDRAULICOS, SEDIMENTOLOGICOS Y MORFOLOGICOS, CON ENFASIS EN MODELACIÓN MATEMATICA, RELACIONADOS CON EL PLAN INTEGRAL DE INTERVENCIÓN A CORTO Y LARGO PLAZO ENTRE COLORADO (ANTIOQUIA) Y ACHI (BOLIVAR).» Informe Ejecutivo, Barranquilla, 2012.

Universidad Nacional de Colombia. *Estudios, Análisis, y recomendaciones para el ordenamiento ambiental y el desarrollo territorial de la Mojana*. Informe Final, Bogotá: Convenio UN-DNP No. 336, 2011.

Universidad Nacional de Medellín. *Estudio e investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras*. Bogotá: Instituto Nacional de Vías, 2006.

US Army Corps of Engineers. *Design and Construction of levees*. Manual, Washington, D.C: Department of the Army, 2000.

Wald, David J., Vincent Quitoriano, Thomas Heaton, y Hiroo Kanamori. «Relationship between Peak ground acceleration, Peak ground velocity, and Intensity in California.» *Earthquake Spectra* 15, n° 3 (1999): 557-564.

Youd, T.L., I.M. Idriss, Ronald Andrus, Ignacio Arango, y Gonzalo Castro. *Liquefaction resistance for soils*. Reporte, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2001.

Fondo
Adaptación



Trabajamos en la Reconstrucción
Gestionando el Riesgo de Desastres



SI SUELOS INGENIERÍA S.A.S.
Estudios, diseños y construcciones en geotecnia

ANEXO A. INFORME ESTRUCTURAL



INGENIERIA DE REHABILITACION INTEGRAL LTDA.
ESTUDIO DE PATOLOGIAS, DISEÑOS Y REHABILITACION DE ESTRUCTURAS
NIT. 900.199.249-6

**INFORME TÉCNICO
INSPECCIÓN VISUAL MUROS LA MOJANA.
ACHÍ – DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR**

REGIÓN DE LA MOJANA, JUNIO DE 2015



1. LOCALIZACIÓN

La Mojana es una subregión geográfica ubicada al norte de Colombia perteneciente a la zona fisiográfica de la Depresión momposina. Está ubicada sobre las cuencas de los ríos Magdalena, Cauca y San Jorge, lo que la convierte en una zona plagada de humedales.

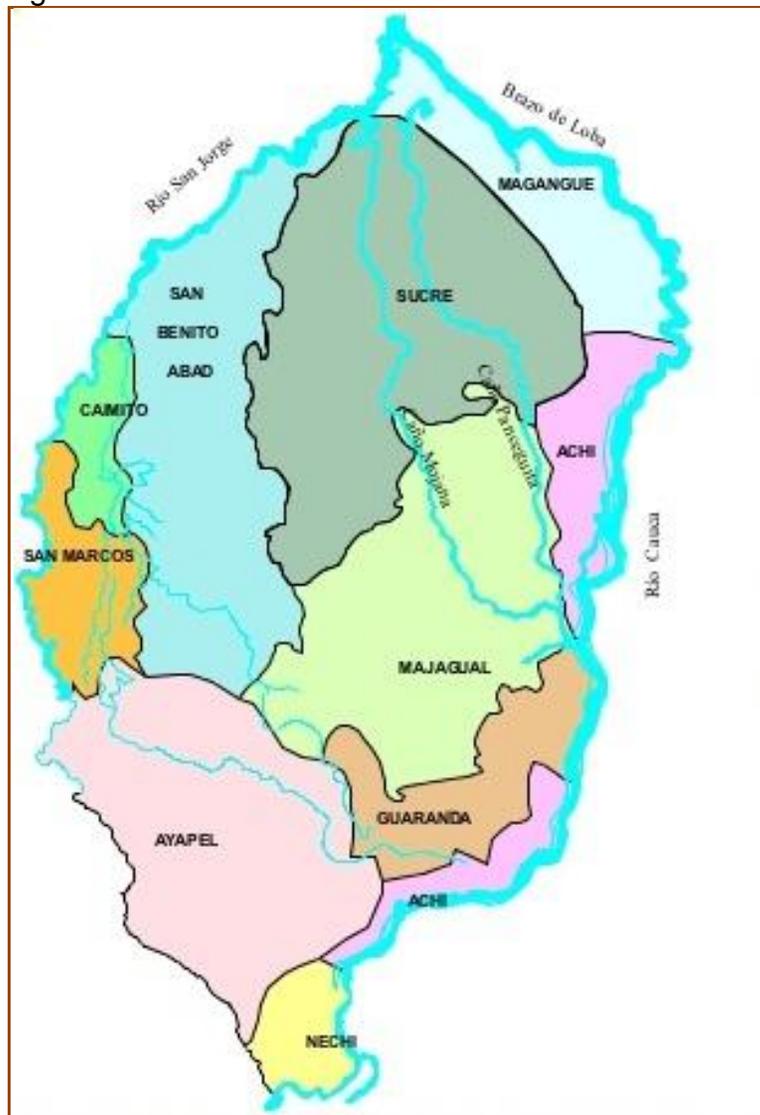


Imagen 1. Localización



INGENIERIA DE REHABILITACION INTEGRAL LTDA.
ESTUDIO DE PATOLOGIAS, DISEÑOS Y REHABILITACION DE ESTRUCTURAS
NIT. 900.199.249-6

2. INTRODUCCIÓN

En la región de La Mojana existen distintos tipos de sistemas estructurales de contención en la rivera de algunos ríos que bañan esta zona, basándonos en parámetros de seguridad, funcionalidad y aspecto se determinarán las medidas correctivas y preventivas para el óptimo funcionamiento de estos elementos estructurales empleando la inspección visual como herramienta principal para identificar las fuentes que afectan la estabilidad de esta estructura.

Basándonos en el estado de estas estructuras se emitirá un concepto técnico donde en el estado de la estructura y así mismo se realizaran algunas recomendaciones de ensayos de diagnóstico a realizar con el fin de determinar la estrategia de recuperación de la estructura (en caso de que sea necesario). A continuación se describe la estructura de contención del municipio de Achí en el departamento de Bolívar.



3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTADO DE LA ESTRUCTURA

De acuerdo con la visita técnica realizada, enfocada en la inspección visual de los muros de contención, encontramos esta estructura con la superficie en excelente estado. La pantalla del muro posee algunos rastros de humedad debido a los cambios de niveles del río.

No se evidenciaron agrietamientos en la superficie del concreto y se encontraron espesores constantes en la longitud del muro.

4. METODOLOGÍA

Para el cumplimiento del objetivo propuesto se realizaron las siguientes actividades:

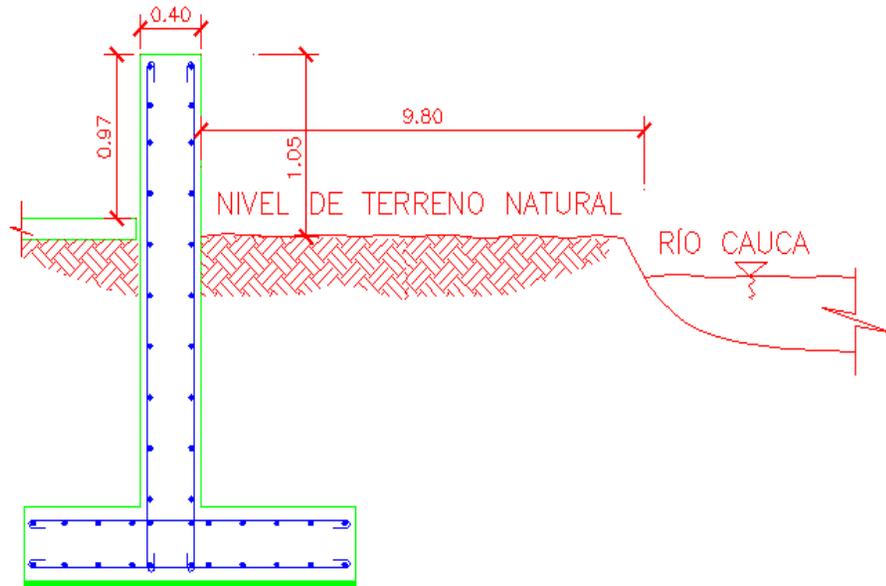
1. Recopilación y análisis de la información disponible.
2. Inspección y reconocimiento detallado de la zona.
3. Levantamiento geométrico de los muros de contención.
4. Toma de registros fotográficos y/o evidencias.
5. Inspección visual del estado en que se encuentran estas estructuras.
6. Modelación estructural de los muros de contención.
7. Análisis de resultados y formulación de conclusiones y recomendaciones.



5. LEVANTAMIENTO GEOMÉTRICO DE LAS ESTRUCTURAS.

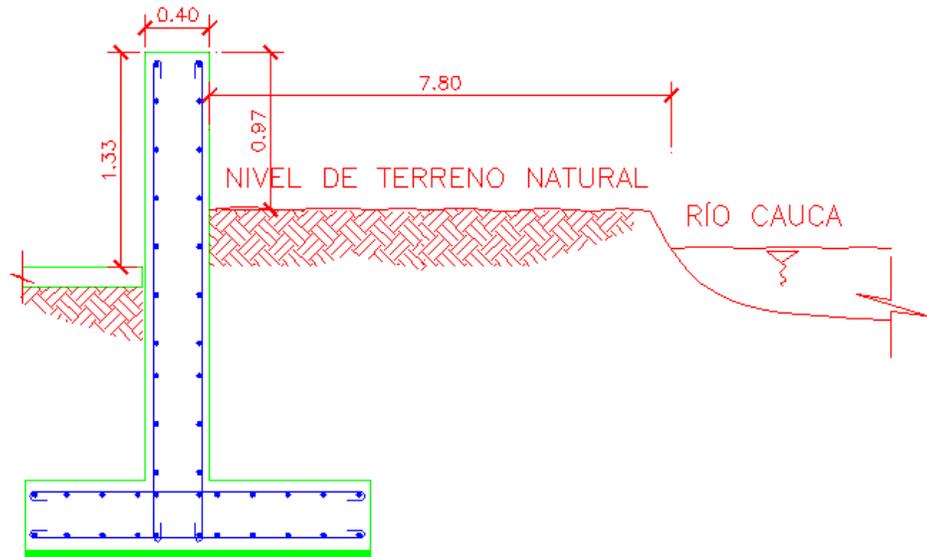
5.1 ACHÍ - BOLÍVAR

MURO DE CONTENCIÓN 1 *ACHÍ – BOLÍVAR*

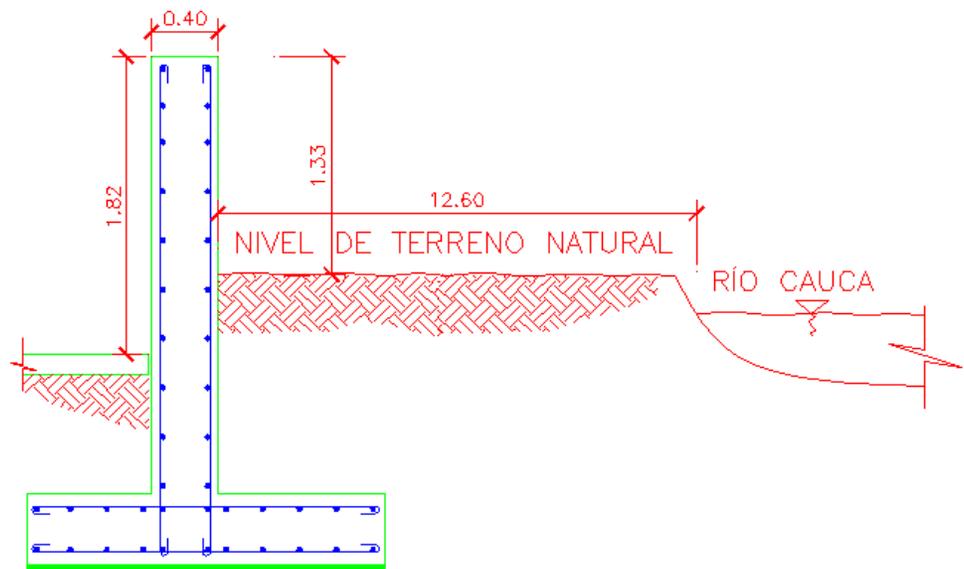




*MURO DE CONTENCIÓN 2
ACHÍ – BOLÍVAR*



*MURO DE CONTENCIÓN 3
ACHÍ – BOLÍVAR*





INGENIERIA DE REHABILITACION INTEGRAL LTDA.
 ESTUDIO DE PATOLOGIAS, DISEÑOS Y REHABILITACION DE ESTRUCTURAS
 NIT. 900.199.249-6

6. DAÑOS EN LA ESTRUCTURA

6.1 Historia Clínica

ETAPA DE RECONOCIMIENTO E HISTORIA CLINICA			
FICHAS DE TOMAS DE DATOS Y VALORACION			
ESTRUCTURA	MURO DE CONTENCIÓN		FECHA:
UBICACIÓN	ACHI - DEPARTAMENTO DE BOLIVAR		MAYO 28 DE 2015
ORIENTACIÓN			FICHA:
COMPORTAMIENTO GENERAL	CONCRETO EROSIONADO		M8
MATERIALES	CONCRETO REFORZADO		
SISTEMA CONSTRUCTIVO	PANTALLA DEL MURO CON CIMENTACIÓN DE ZARPAS		NUMERO
			8
VALORACION VISUAL			
AFECTACION DE DAÑO	NIVEL DE RECUPERACION	GRADO DE LESION	
SEGURIDAD	IMPRESINDIBLE	SEVERO	
FUNCIONALIDAD	NECESARIO	MODERADO	
ASPECTO	CONVENIENTE	LEVE	X
CARACTERISTICAS GENERALES			
ASPECTO EXTERNO			
MANCHAS			
HUMEDADES	X		
EFLORECIENCIAS			
CAVIDADES			
RETENCION DE AGUA			
ESCAMACION O EXFOLIACION			
PERDIDA MATERIAL			
COLOR TEXTURA, SONIDO			
ALTERACIONES SUPERFICIALES			
DESGASTE - ABRASION			
ALTERACIONES TRAUMATICAS			
GRIETAS Y FISURAS			
ASENTAMIENTOS			
FRACTURAS			
COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO			
COMPONENTES			
ESPESORES	X ESPEORES CONSTANTE		
HUMEDADES INTERIORES			
COMPORTAMIENTO QUIMICO			
OXIDACION			
PERDIDA DE MATERIAL			
CORROSION			
PROTECCIONES			
TABLETAS			
MORTERO			
AGRESIVIDAD DEL MEDIO			
TIPO DE AMBIENTE	CORROSIVO		
GRADO DE HUMEDAD	57%		
TEMPERATURA	34 GRADOS CELSIUS		
COMENTARIOS			
BUEN ACABADO			
JUNTAS CONSTRUCTIVAS			



En este tramo estudiado del muro observamos un buen acabado del muro, sin embargo, debido a los cambios de nivel del afluente, al ponerse en contacto con la estructura produce algunas manchas en la superficie del concreto. En general la estructural se encuentra funcionando de manera óptima y debido al tiempo de construcción de esta estructura podemos manifestar que se encuentra bajo los estándares de la norma vigente ya que es una estructura de muy poco tiempo de construcción.



INGENIERIA DE REHABILITACION INTEGRAL LTDA.
 ESTUDIO DE PATOLOGIAS, DISEÑOS Y REHABILITACION DE ESTRUCTURAS
 NIT. 900.199.249-6

ETAPA DE RECONOCIMIENTO E HISTORIA CLINICA

FICHAS DE TOMAS DE DATOS Y VALORACION

ESTRUCTURA	MURO DE CONTENCIÓN	FECHA:	MAYO 28 DE 2015
UBICACIÓN	ACHI - DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	FICHA:	M9
ORIENTACIÓN			
COMPORTAMIENTO GENERAL	CONCRETO EROSIONADO		
MATERIALES	CONCRETO REFORZADO		
SISTEMA CONSTRUCTIVO	PANTALLA DEL MURO CON CIMENTACIÓN DE ZARPAS	NUMERO	9

VALORACION VISUAL				FOTOGRAFIA
AFECTACION DE DAÑO	NIVEL DE RECUPERACION	GRADO DE LESION		
SEGURIDAD	IMPRESINDIBLE	SEVERO		
FUNCIONALIDAD	NECESARIO	MODERADO		
ASPECTO	CONVENIENTE	LEVE	X	
CARACTERISTICAS GENERALES				
ASPECTO EXTERNO				
MANCHAS				
HUMEDADES	X			
EFLORENCIAS				
CAVIDADES				
RETENCION DE AGUA				
ESCAMACION O EXFOLIACION				
PERDIDA MATERIAL				
COLOR TEXTURA, SONIDO				
ALTERACIONES SUPERFICIALES				
DESGASTE - ABRASION				
ALTERACIONES TRAUMATICAS				
GRIETAS Y FISURAS				
ASENTAMIENTOS				
FRACTORAS				
COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO				
COMPONENTES				
ESPESORES	X	ESPESORES CONSTANTE		
HUMEDADES INTERIORES				
COMPORTAMIENTO QUIMICO				
OXIDACION				
PERDIDA DE MATERIAL				
CORROSION				
PROTECCIONES				
TABLETAS				
MORTERO				
AGRESIVIDAD DEL MEDIO				
TIPO DE AMBIENTE		CORROSIVO		
GRADO DE HUMEDAD		57%		
TEMPERATURA		34 GRADOS CELSIUS		

COMENTARIOS
BUEN ACABADO
JUNTAS CONSTRUCTIVAS

El segundo tramo estudiado presenta el mismo diagnóstico del tramo anterior. El muro se encuentra en óptimas condiciones con algunas manchas en la superficie producidas por los cambios de nivel que tiene el río durante el año.



INGENIERIA DE REHABILITACION INTEGRAL LTDA.
 ESTUDIO DE PATOLOGIAS, DISEÑOS Y REHABILITACION DE ESTRUCTURAS
 NIT. 900.199.249-6

ETAPA DE RECONOCIMIENTO E HISTORIA CLINICA

FICHAS DE TOMAS DE DATOS Y VALORACION

ESTRUCTURA	MURO DE CONTENCIÓN	FECHA:	MAYO 28 DE 2015
UBICACIÓN	ACHI - DEPARTAMENTO DE BOLIVAR	FICHA:	M10
ORIENTACIÓN			
COMPORTAMIENTO GENERAL	CONCRETO EROSIONADO		
MATERIALES	CONCRETO REFORZADO		
SISTEMA CONSTRUCTIVO	PANTALLA DEL MURO CON CIMENTACIÓN DE ZARPAS	NUMERO	10

VALORACION VISUAL			
AFECTACION DE DAÑO	NIVEL DE RECUPERACION	GRADO DE LESION	
SEGURIDAD	IMPRESCINDIBLE	SEVERO	
FUNCIONALIDAD	NECESARIO	MODERADO	
ASPECTO	CONVENIENTE	LEVE	X
CARACTERISTICAS GENERALES			
ASPECTO EXTERNO			
MANCHAS	X		
HUMEDADES	X		
EFLORECIENCIAS			
CAVIDADES			
RETENCION DE AGUA			
ESCAMACION O EXFOLIACION			
PERDIDA MATERIAL			
COLOR TEXTURA, SONIDO			
ALTERACIONES SUPERFICIALES			
DESGASTE - ABRASION			
ALTERACIONES TRAUMATICAS			
GRIETAS Y FISURAS			
ASENTAMIENTOS			
FRACTURAS			
COMPORTAMIENTO HIGROTERMICO			
COMPONENTES			
ESPORES	X	ESPORES CONSTANTE	
HUMEDADES INTERIORES			
COMPORTAMIENTO QUIMICO			
OXIDACION			
PERDIDA DE MATERIAL			
CORROSION			
PROTECCIONES			
TABLETAS			
MORTERO			
AGRESIVIDAD DEL MEDIO			
TIPO DE AMBIENTE		CORROSIVO	
GRADO DE HUMEDAD		57%	
TEMPERATURA		34 GRADOS CELSIUS	



COMENTARIOS

BUEN ACABADO
JUNTAS CONSTRUCTIVAS

En este último tramo inspeccionado, podemos corroborar la uniformidad de la geometría de la estructura y la continuidad de la patología y el diagnóstico presentado en los dos puntos inspeccionados anteriormente.



INGENIERIA DE REHABILITACION INTEGRAL LTDA.
ESTUDIO DE PATOLOGIAS, DISEÑOS Y REHABILITACION DE ESTRUCTURAS
NIT. 900.199.249-6

7. PROPUESTA DE ENSAYOS A REALIZAR

Debido a la gran extensión de los muros de esta zona y al buen estado en que se encuentra, se propone realizar el siguiente número de ensayos cada cincuenta (50) metros lineales de muro:

- Inventario de Daños: 1 Unidad.
- Carbonatación: 6 Unidades
- Extracción de Núcleos para pantalla: 3 Unidades
- Extracción de Núcleos para zarpa: 2 Unidades
- Ultrasonido: 4 Unidades.
- Cloruros, Sulfatos y Contenido de cemento: 3 Unidades
- Scanner: 3 Unidades

8. ZONIFICACIÓN

Debido a la uniformidad y a las medidas constantes halladas en los puntos estudiados, se puede asumir una continuidad estructural en la longitud del muro, la altura de los rellenos son variables, por lo tanto la verificación estructural se realiza basándonos en la condición más desfavorable con el fin de chequear la funcionalidad del muro teniendo en cuenta los parámetros de volcamiento, deslizamiento y estabilidad de la estructura.



9. REGISTRO FOTOGRÁFICO

9.1 Muro 1





9.2 Muro 2





9.3 Muro 3





10. LIMITACIONES

Para llevar a cabo estos estudios se encontraron diferentes limitaciones, el acceso a la revisión de los muros se hizo difícil en algunos tramos debido a que se encontraba en la parte interna de algunas viviendas, de igual forma la medición de la longitud de estos muro se hizo complicado por el acceso. En el desarrollo de estas visitas no contamos con algún equipo de posicionamiento global para georeferenciar los puntos.

11. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN

11.1 CONCRETO PARA MURO DE CONTENCIÓN

Alcance

El Contratista deberá tener en consideración:

- Lineamientos generales y particulares.
- Localización y replanteo antes y después del vaciado del concreto.
- Limpieza.
- Suministro y vaciado de concreto.
- Cuidados del concreto.
- Equipos del Contratista.
- Formaletas.
- Ensayos del concreto.
- Curado.
- Vaciado.
- Vibrado.
- Acabados.
- Juntas frías o de construcción.
- Reparación del concreto.
- Amarre con acero de refuerzo.
- Equipos y herramientas.
- Mano de obra.



ESPECIFICACIÓN

Antes del vaciado, el Contratista hará el cimbrado de los ejes y las caras para la revisión y aprobación de la Interventoría. Así mismo, ésta revisará los cajones, para verificar la orientación de las caras y su disposición con respecto a los ejes, la plomada y la sección constante.

Si en planos no se especifica lo contrario, el acabado será del Tipo A-2, (Concreto a la vista), según se describe en el ítem de acabados del concreto.

El acero de refuerzo se limpiará con grata metálica hasta que quede libre de mortero, óxido, grasa o cualquier otro elemento que afecte la adherencia entre el acero y el concreto.

En cualquier caso, el concreto utilizado tendrá una resistencia mínima de 4000 psi a los 28 días.

Cada 2.0 m, el Contratista construirá juntas de contracción, para lo cual deber seguir uno de los procedimientos descritos en la especificación de estos elementos las cual se pagarán por metro (m).

Cada 20 m, el Contratista construirá expansión para lo cual deber seguir uno de los procedimientos descritos en la especificación de éstos.

Entre la zarpa y el cuerpo del muro se construirá una junta de construcción de cortante, la cual se pagará por metro (m).

Los muros de contención tendrán una longitud máxima de 6.0 m, en donde para continuar, será necesaria la construcción de una junta de construcción de profundidad total, que independice por completo los tramos de muros de contención. Cuando en el tramo de seis metros (6 m), el suelo no es homogéneo, se debe consultar al Ingeniero Calculista para la implementación de juntas adicionales.

El Contratista dejará contra flechas a los muros de contención, construyendo el muro inclinado contra el relleno, a una distancia igual al 0.5 % de la altura.

Inmediatamente después de retirada la formaleta, se verificará la lisura y nivelación de la cabeza del muro, así como la verticalidad de los elementos y su alineación, rechazando todos aquellos que no cumplan con las especificaciones en términos de acabado, tratamiento de hormigueros y reparación del concreto.

Adicionalmente, deberá contar con tubos de salida (pases) para el drenaje de la masa contenida. La cantidad, profundidad, colocación y espaciamiento de los mismos, será según los planos y detalles, cuidando que queden perfectamente alineados. Los passes deberán estar libres de cualquier lechada o suciedad que los



INGENIERIA DE REHABILITACION INTEGRAL LTDA.
ESTUDIO DE PATOLOGIAS, DISEÑOS Y REHABILITACION DE ESTRUCTURAS
NIT. 900.199.249-6

obstruya, o que disminuya su luz y deberán estar dotados con rejillas plásticas, según se indica en los planos.

Se recomienda construir drenajes y filtros necesarios para que no se vaya a presentar sobre esfuerzos por presión hidrostática. Estos filtros estarán localizados en el trasdós del muro y tendrán su respectivo descole controlado para que no se vaya a presentar procesos de inestabilidad.

En todos los casos, se hará primero el relleno de afirmados con recebo, frente al pie del muro hasta obtener el 95% del Proctor modificado; posteriormente podrá empezarse el relleno contra el espaldón.

En el caso de rellenos horizontales en el espaldón del muro, se deberá procurar una pendiente mínima del 0.5% para captar el agua de escorrentía, con el fin de evacuarla mediante una cañuela de corona a lo largo de la cabeza del muro, hasta un punto de captación.

TOLERANCIAS

Distancia entre ejes, pendientes, dimensiones o alineamientos: No se admitirá ninguna holgura y deben quedar localizadas como se indica en los planos.

Verticalidad: 1.0 cm, por exceso o por defecto para toda su altura y longitud.

SISTEMA DE MEDIDA Y PAGO

El pago se hará por metro cúbico (m³), medido y aprobado por el Interventor. La sección del muro utilizado para los cálculos del volumen será la indicada en los planos. El valor del ítem incluye, todas las actividades anteriormente descritas en el alcance, mano de obra, herramientas, formaletas, equipos, suministro y vaciado de concreto, amarre del acero de refuerzo, curado, limpieza y cualquier otra labor o elemento exigido por la Interventoría, que resulte necesario para desarrollar correctamente este trabajo.



11.2 ACERO DE REFUERZO

GENERALIDADES

Este capítulo cubre los requisitos referentes al suministro y colocación del acero de refuerzo para elementos de concretos estructurales y no estructurales, y establece las normas para medida y pago para varillas de acero usadas como refuerzo en las diferentes estructuras de concreto requeridas en la obra.

El trabajo se refiere al suministro del acero figurado y a su colocación y amarre en todos los sitios de reparación de la estructura. Para este trabajo no habrá planos de construcción previos y, en consecuencia, los sitios de colocación, clase de acero, figuración y cantidades, serán las indicadas en los planos de detalles del proyecto definidos para cada sitio específico.

EQUIPO

Se requiere equipo idóneo para el corte y doblado de las barras de refuerzo. Si se autoriza el empleo de soldadura, el Contratista deberá disponer del equipo apropiado para dicha labor.

Se requieren, además, elementos que permitan asegurar correctamente el refuerzo en su posición, así como herramientas menores.

a. Materiales

Se usará acero de refuerzo que cumpla con la norma ICONTEC 245, complementada con las ICONTEC 161, 145 y 248. Para diámetro menor o igual a 1/4" será de 240 MPa y para diámetros mayores será de 420 MPa corrugado. Las varillas serán ensayadas en laboratorios con máquinas de ensayos calibradas y certificadas de acuerdo con la última revisión de las normas aplicables de la ASTM. El Contratista suministrará a la Interventoría una copia certificada de los análisis químicos y pruebas físicas realizados por el fabricante para el lote o número de identificación del lote correspondiente a cada envío de refuerzo hecho a la obra. Si el Contratista no suministra evidencia satisfactoria de que el refuerzo cumple con los requisitos establecidos en esta sección, la Interventoría llevará a cabo ensayos del refuerzo respectivo antes de aceptarlo y el costo de dichos ensayos será por cuenta del Contratista.

Las varillas se transportarán y almacenarán en forma ordenada y no se colocarán directamente sobre el piso. Asimismo, se agruparán y marcarán debidamente de acuerdo con el tamaño, forma y tipo de refuerzo.



INGENIERIA DE REHABILITACION INTEGRAL LTDA.
ESTUDIO DE PATOLOGIAS, DISEÑOS Y REHABILITACION DE ESTRUCTURAS
NIT. 900.199.249-6

Las varillas de refuerzo serán dobladas de acuerdo con los requisitos establecidos en la sección pertinente en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10). Cuando la figuración del refuerzo esté a cargo de un proveedor cuyas instalaciones se encuentren fuera de la obra, el Contratista suministrará y mantendrá en el sitio de la obra, por su cuenta, una máquina dobladora y una existencia adecuada de varillas de refuerzo con el fin de suministrar oportunamente el refuerzo que llegue a requerir se por cambios o adiciones en las estructuras.

La adición de acero principal según se defina por parte del Diseño Estructural, se debe realizar considerando las longitudes de anclaje de diseño para el diámetro de la barra, en el caso de anclajes el adhesivo epóxico para las fijaciones debe cumplir norma ASTM C881-90 Tipo IV Grado 3 como adhesivo estructural, siendo el producto recomendado SikaAnchor Fix 4.

EJECUCIÓN.

Se colocará el refuerzo con exactitud según lo indican los planos y se asegurará firmemente en las posiciones indicadas de manera que no sufra desplazamiento durante la colocación y vibrado del concreto.

El refuerzo se mantendrá en su posición correcta por medio de bloques pequeños de concreto, silletas de acero, espaciadores, ganchos o cualesquiera otros soportes de acero, aprobados por la Interventoría. Donde las varillas de refuerzo se crucen, éstas se unirán con alambre amarrado firmemente alrededor del cruce.

Sin embargo, cuando el espaciamiento entre las varillas sea inferior a 30 cm en ambas direcciones, solo se requerirá que se amarre cada tercera varilla. El alambre para amarre de cruces y los soportes de acero estarán sujetos a los mismos requisitos referentes a recubrimiento de concreto para refuerzo y por lo tanto no se permitirá que sus extremos queden expuestos en las superficies del concreto.

En el momento de su colocación, el refuerzo y los soportes metálicos estarán libres de escamas, polvo, lodo, pintura, aceite o cualquiera otra materia extraña que pueda perjudicar su adherencia con el concreto.

Las varillas de refuerzo se colocarán de tal forma que quede una distancia libre de por lo menos 3.5 cm entre éstas y los pernos de anclaje o elementos metálicos embebidos. A menos que los planos o la Interventoría indiquen lo contrario, se obtendrán los recubrimientos mínimos especificados en la norma NSR-10.

Antes de la colocación de la formaleta y del vaciado del concreto de reparación se debe proceder a limpiar tanto la superficie del concreto endurecido como la del



INGENIERIA DE REHABILITACION INTEGRAL LTDA.
ESTUDIO DE PATOLOGIAS, DISEÑOS Y REHABILITACION DE ESTRUCTURAS
NIT. 900.199.249-6

refuerzo y llevar a cabo los procedimientos de protección del acero de refuerzo, que serán explicados en el capítulo siguiente.

MEDIDA Y FORMA DE PAGO

La unidad de medida será el kilogramo, **kg**, aproximado al décimo de kilogramo, de acero de refuerzo para estructuras de concreto, realmente suministrado y colocado en obra, debidamente aceptado por el Interventor.

La medida no incluye el peso de soportes separados, silletas de alambre o elementos similares utilizados para mantener el refuerzo en su sitio, ni los empalmes adicionales a los indicados en los planos, que sean autorizados por el Interventor para conveniencia del Contratista.

Tampoco se medirá el acero específicamente estipulado para pago en otros renglones del contrato.

Si se sustituyen barras a solicitud del Contratista y como resultado de ello se usa más acero del que se ha especificado, no se medirá la cantidad adicional.

La medida para barras se basará en el peso computado para los tamaños y longitudes de barras utilizadas, usando los pesos unitarios indicados de pesos de las barras por unidad de longitud.

No se medirán cantidades en exceso de las indicadas en los planos del proyecto u ordenadas por el Interventor.

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, ensayos, transportes, almacenamiento, corte, desperdicios, doblamiento, limpieza, colocación y fijación del refuerzo y por toda mano de obra, materiales, patentes, equipos e imprevistos necesarios para terminar correctamente el trabajo, de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del Interventor.

El precio unitario deberá incluir, también, todos los costos por concepto de elaboración de listas de despiece y diagramas de doblado cuando ellos no hayan sido suministrados; por suministro e instalación de abrazaderas, separadores, silletas de alambre o cualquier otro elemento utilizado para sostener y mantener el refuerzo en su sitio; así como los de la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

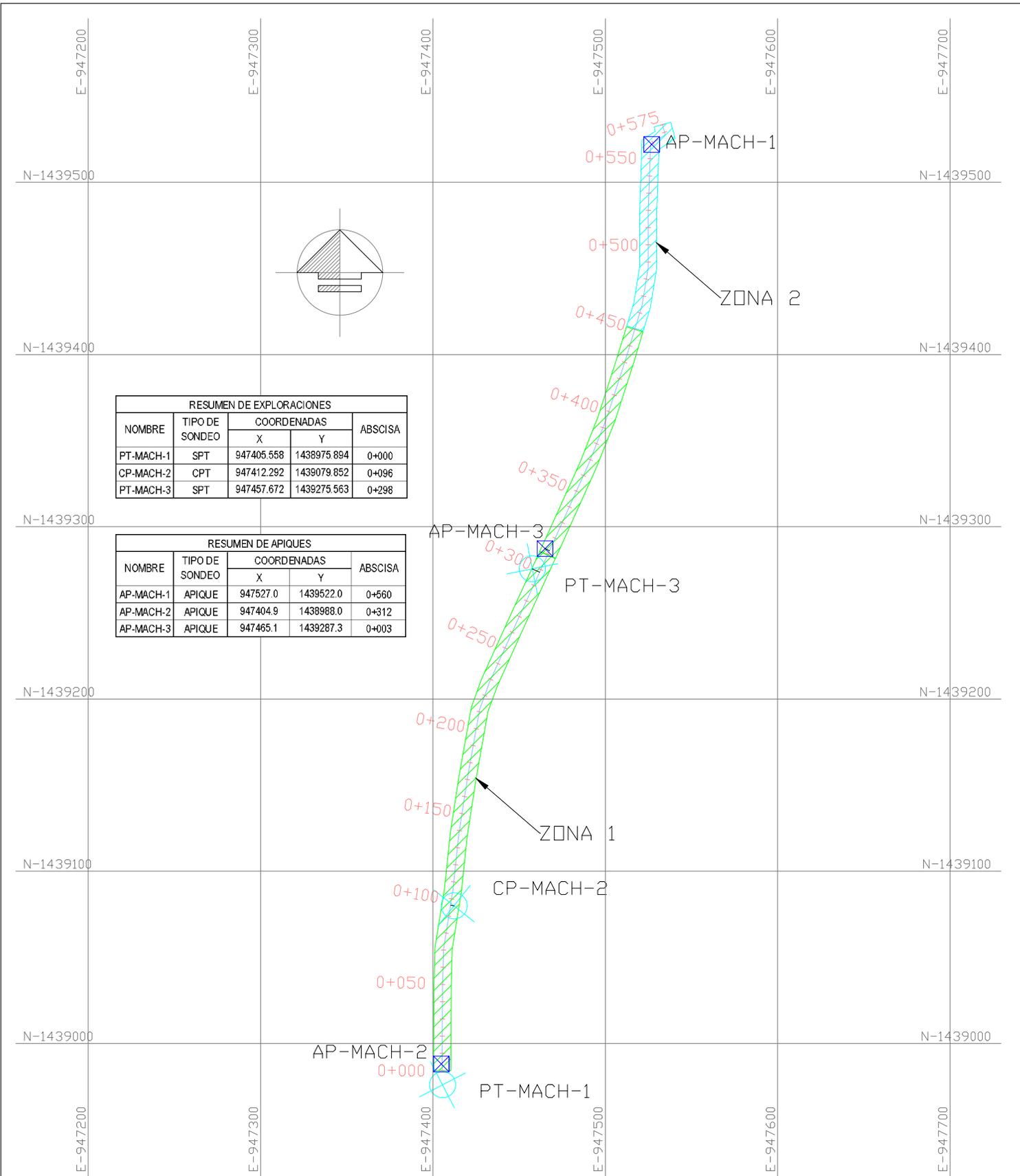
No habrá lugar a pago separado por el acero de refuerzo para concreto, colocado con el propósito de reemplazar estructuras de concreto que se deterioren o queden defectuosas, o en el concreto que el Contratista haya utilizado por su conveniencia con o sin autorización del Interventor. Tampoco se pagará por



INGENIERIA DE REHABILITACION INTEGRAL LTDA.
ESTUDIO DE PATOLOGIAS, DISEÑOS Y REHABILITACION DE ESTRUCTURAS
NIT. 900.199.249-6

separado el acero cuyo pago se haya estipulado en otros renglones del contrato, ni por los trabajos de soldadura que se autoricen para uniones soldadas en reemplazo de uniones traslapadas.

ANEXO B. PLANOS DE PLANTA DE ZONIFICACIÓN DEL DIQUE Y LOCALIZACIÓN DE PERFORACIONES



RESUMEN DE EXPLORACIONES				
NOMBRE	TIPO DE SONDEO	COORDENADAS		ABSCISA
		X	Y	
PT-MACH-1	SPT	947405.558	1438975.894	0+000
CP-MACH-2	CPT	947412.292	1439079.852	0+096
PT-MACH-3	SPT	947457.672	1439275.563	0+298

RESUMEN DE APIQUES				
NOMBRE	TIPO DE SONDEO	COORDENADAS		ABSCISA
		X	Y	
AP-MACH-1	APIQUE	947527.0	1439522.0	0+560
AP-MACH-2	APIQUE	947404.9	1438988.0	0+312
AP-MACH-3	APIQUE	947465.1	1439287.3	0+003

**LOCALIZACIÓN DE SONDEOS Y ZONIFICACIÓN GEOMETRICA
MURO ACHÍ**



NOTAS
1. Excepto donde se indique otra cosa, todas las dimensiones en este plano estan expresadas en metros, y las elevaciones medidas con respecto al nivel del mar (msnm).

		ZONA:	MURO ACHÍ	FIGURA:	1	FECHA:	JUNIO-2015	DIBUJO:	J.G
		PROYECTO:	EVALUACIÓN GEOTECNICA DE OBRAS DE PROTECCIÓN REGIÓN DE LA MOJANA	CONTIENE:	LOCALIZACIÓN DE SONDEOS Y ZONIFICACIÓN GEOMETRICA	ESCALA:	1:3000		

Fondo
Adaptación



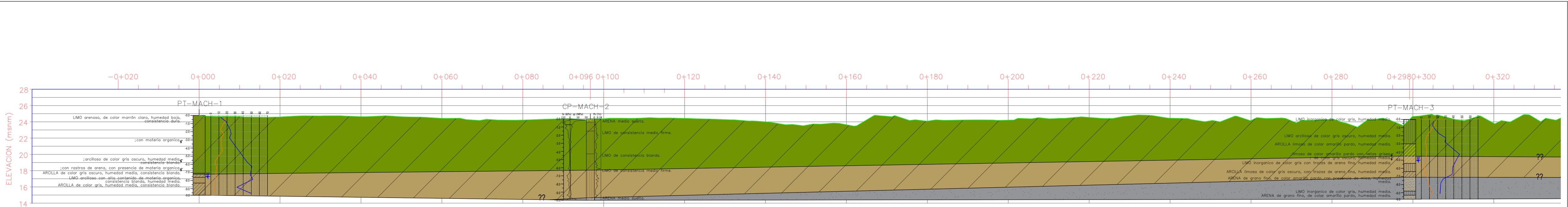
Trabajamos en la Reconstrucción
Gestionando el Riesgo de Desastres



SI SUELOS INGENIERÍA S.A.S.
Estudios, diseños y construcciones en geotecnia

ANEXO C.

PERFIL GEOLÓGICO GEOTÉCNICO



- DEPOSITO ALUVIAL LIMOSO 1: LIMOS DE COLOR PARDO OLIVO CLARO, PLASTICIDAD BAJA, CONSISTENCIA MEDIO FIRME, HUMEDAD BAJA
- DEPOSITO ALUVIAL LIMOSO 2: LIMOS ELASTICOS, CON ALGO DE MATERIA ORGANICA, DE COLOR OLIVO GRISACEO, HUMEDAD MEDIA, PLASTICIDAD MEDIA, CONSISTENCIA MEDIO FIRME.
- DEPOSITO ALUVIAL ARCILLOSO ARENOSO: ARCILLAS MAGRAS ARENOSAS, DE COLOR GRIS, HUMEDAD BAJA, PLASTICIDAD BAJA, CONSISTENCIA FIRME.

- N DE GOLPES
- HUMEDAD (%)
- NIVEL FREÁTICO
- PERFIL TERRENO

NOTA:
1. Excepto donde se indique lo contrario, todas la dimensiones en este plano están expresadas en metros, y las elevaciones medidas con respecto al nivel del mar (msnm).

	SI SUELOS INGENIERÍA S.A.S. Estudios, diseños y construcciones en geotecnia	ZONA:	MURO DE PROTECCIÓN ACHÍ	PLANO:	2	FECHA:	MAYO-2015	DIBUJÓ:	J.G
		PROYECTO:	EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE OBRAS DE PROTECCIÓN REGIÓN DE LA MOJANA	CONTIENE:	PERFIL GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO	ESCALA:	ESC. VERTICAL 1:200 ESC. HORIZONTAL 1:2000	VERSIÓN:	0

ANEXO D.

RESUMEN DE CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA

Elevación (m.s.n.m)	Profundidad (m)		N (SPT)	Su (kPa)	Corte Directo		w (%)	Límites de Atterberg			γ (kN/m ³)	Pasa 200 (%)	SUCS	M.O (%)	Gs	% Part < 2m
	Inicial	Final			Inicial	Final		c' (kPa)	φ (°)	LL						
	25.4	24.9	0.0	0.5	12			12.4								
	26.5	24.4	0.5	1.0	13			19.1								
	26.0	23.9	1.0	1.5	10			21.2	38.8	26.7	12.1		95.8	ML		
	25.5	23.4	1.5	2.0	8			24.8				16.5				
	25.0	22.9	2.0	2.5	11			25.3								
	24.5	22.4	2.5	3.0	9			23.7								
	24.0	21.9	3.0	3.5	12											
	23.5	21.2	3.5	4.2		25.8	21.0	2.8				17.7				
	23.0	20.7	4.2	4.7	15											
	22.5	20.0	4.7	5.4												
	22.0	19.5	5.4	5.9	5			45.4	33.3	25.7	7.6		93	ML		
	21.5	19.0	5.9	6.4	8			51.4				94			2.8	
	21.0	18.3	6.4	7.1												
	20.5	17.8	7.1	7.6	7			49.9								
	20.0	17.1	7.6	8.3				52.6								
	19.5	16.6	8.3	8.8	6											
	19.0	16.1	8.8	9.3	7			32.3	47.7	39.5	17.2		98	ML		
	18.5	15.6	9.3	9.8	6			50.1				17.8				

MATERIAL Depósito aluvial limoso 1: Limos de color pardo olivo claro, plasticidad baja, consistencia medio firme.

Medida	N (SPT)	Su (kPa)	Corte Directo		w (%)	Límites de Atterberg			(kN/m ³)	Pasa 200 (%)	M.O (%)	Gs	% Part < 2m
			c' (kPa)	(°)		LL (%)	LP (%)	IP (%)					
Promedio	6	25.79	21.0	2.8	25	34	26	8	17.5	91	ND	2.78	ND
Máximo	7	NA	NA	NA	51	39	27	12	19.5	83	ND	2.81	ND
Mínimo	4	NA	NA	NA	12	29	26	4	16.3	96	ND	2.75	ND
Desv. Estandar	1.2	NA	NA	NA	11	5	1	4	1.5	5.8	ND	0.04	ND
N. Datos	8	1	1	1	14	3	3	3	4	4	ND	2.00	ND

MATERIAL Depósito aluvial fino: Arcillas magras de color verde oliva, de consistencia blanda, con poca materia orgánica.

Medida	N (SPT)	Su (kPa)	Corte Directo		w (%)	Límites de Atterberg			(kN/m ³)	Pasa 200 (%)	M.O (%)	Gs	% Part < 2m
			c' (kPa)	(°)		LL	LP	IP					
Promedio	6	99.6	57.0	9	44	50	35	19	18	98	11.4	11.4	ND
Máximo	7	NA	NA	NA	53	52	40	21	NA	98	NA	NA	ND
Mínimo	4	NA	NA	NA	32	48	31	17	NA	97	NA	NA	ND
Desv. Estandar	1.2	NA	NA	NA	7.1	3.1	5.7	2.5	NA	1.0	NA	NA	ND
N. Datos	8	1	1	1	8	2	2	2	1	2	1	1	ND

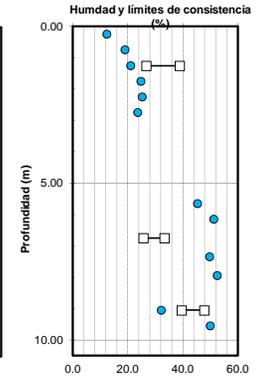
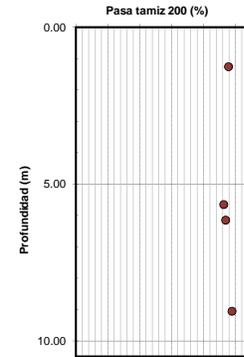
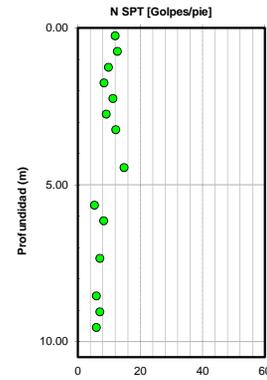
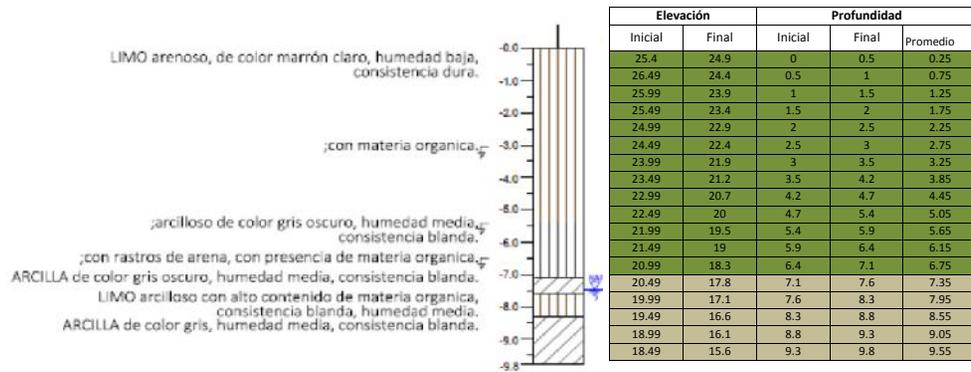
MATERIAL Depósito aluvial arcilloso arenoso: Arcillas magras arenosas de color gris, humedad baja, plasticidad baja, consistencia firme.

Medida	N (SPT)	Su (kPa)	Corte Directo		w (%)	Límites de Atterberg			(kN/m ³)	Pasa 200 (%)	M.O (%)	Gs	% Part < 2m
			c' (kPa)	(°)		LL	LP	IP					
Promedio	12	99.6	57.0	9	25	30	21	9	ND	ND	ND	ND	ND
Máximo	17	NA	NA	NA	27	NA	NA	NA	ND	ND	ND	ND	ND
Mínimo	10	NA	NA	NA	23	NA	NA	NA	ND	ND	ND	ND	ND
Desv. Estandar	3.4	NA	NA	NA	2.1	NA	NA	NA	ND	ND	ND	ND	ND
N. Datos	4	1	1	1	3	1	1	1	ND	ND	ND	ND	ND

ND: No Disponible
NA: No Aplica

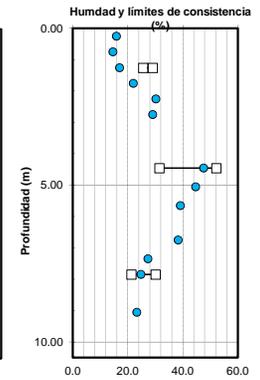
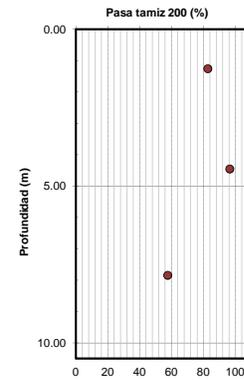
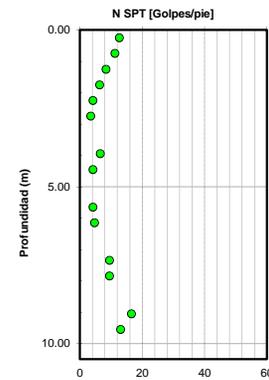
ANEXO E.

CUADROS DE ÍNDICES Y RESUMEN DE LAS PROPIEDADES





Elevación		Profundidad		
Inicial	Final	Inicial	Final	Promedio
24.5	24	0	0.5	0.25
26.49	23.5	0.5	1	0.75
25.99	23	1	1.5	1.25
25.49	22.5	1.5	2	1.75
24.99	22	2	2.5	2.25
24.49	21.5	2.5	3	2.75
23.99	20.8	3	3.7	3.35
23.49	20.3	3.7	4.2	3.95
22.99	19.8	4.2	4.7	4.45
22.49	19.1	4.7	5.4	5.05
21.99	18.6	5.4	5.9	5.65
21.49	18.1	5.9	6.4	6.15
20.99	17.4	6.4	7.1	6.75
20.49	16.9	7.1	7.6	7.35
19.99	16.4	7.6	8.1	7.85
19.49	15.7	8.1	8.8	8.45
18.99	15.2	8.8	9.3	9.05
18.49	14.7	9.3	9.8	9.55



Fondo
Adaptación



Trabajamos en la Reconstrucción
Gestionando el Riesgo de Desastres



SI SUELOS INGENIERÍA S.A.S.
Estudios, diseños y construcciones en geotecnia

ANEXO F.

CORRECCIÓN DE SPT

Datos de la perforación

Condiciones de la perforación

Nivel freático (NF)		Equipo utilizado:		Metodología del sondeo:	
Encontrado en el sondeo	Si	Nombre del equipo:	SIMCO III	Longitud de cada ensayo (m)	0.15
Profundidad del NF (m):	6.0	Tipo de martillo:	Automático	Muestreo lineal:	Si
		Eficiencia:	75%	Diametro del sondeo (mm)	80

Corrección por procedimiento del sondeo

Factor de diametro (C_d):	1.00	Factor por muestreo (C_s):	1.00
--	------	---	------

Corrección del SPT

Datos Iniciales				ASTM D6066 - 11						SPT Procedimiento de muestreo					
Prof. inicio muestreo	NSPT (CAMPO)	g(kN/m)	%Pasa 200	Prof. del ensayo	N ₆₀	s (kPa)	u (kPa)	s' (kPa)	n	C _d	(N ₆₀) ₁	Factor de L. barra (C _s):	N ₆₀	(N ₆₀) ₁	SPT corregido**
0.00	17	17.0	94	0.30	16	5.1	0.0	5.1	1.00	1.60	26	0.75	12	26	12
0.50	18	17.0	94	0.80	17	13.6	0.0	13.6	1.00	1.60	27	0.75	13	27	13
1.00	14	17.0	94	1.30	13	22.1	0.0	22.1	1.00	1.60	21	0.75	10	21	10
1.50	12	17.0	94	1.80	11	30.6	0.0	30.6	1.00	1.60	18	0.75	8	18	8
2.00	16	17.0	94	2.30	15	39.1	0.0	39.1	1.00	1.60	24	0.75	11	24	11
2.50	13	18.0	94	2.80	12	47.9	0.0	47.9	1.00	1.60	20	0.75	9	20	9
3.00	13	18.0	94	3.30	16	56.9	0.0	56.9	1.00	1.60	26	0.75	12	26	12
3.50	-	18.0	94	3.80	ND	65.9	0.0	65.9	1.00	1.52	ND	0.75	ND	ND	ND
4.20	14	18.0	94	4.50	18	78.5	0.0	78.5	1.00	1.27	22	0.85	15	22	15
4.70	-	18.0	94	5.00	ND	87.5	0.0	87.5	1.00	1.14	ND	0.85	ND	ND	ND
5.40	5	18.0	94	5.70	6	100.1	0.0	100.1	1.00	1.00	6	0.85	5	6	5
5.90	7	18.0	94	6.20	9	109.1	2.0	107.1	1.00	0.93	8	0.95	8	8	8
6.40	-	18.0	94	6.70	ND	118.1	6.9	111.2	1.00	0.90	ND	0.95	ND	ND	ND
7.10	6	18.0	94	7.40	8	130.7	13.7	117.0	1.00	0.85	6	0.95	7	6	7
7.60	-	18.0	94	7.90	ND	139.7	18.6	121.1	1.00	0.83	ND	0.95	ND	ND	ND
8.30	5	18.0	94	8.60	6	152.3	25.5	126.8	1.00	0.79	5	0.95	6	5	6
8.80	6	18.0	94	9.10	8	161.3	30.4	130.9	1.00	0.76	6	0.95	7	6	7
9.30	5	18.0	94	9.60	6	170.3	35.3	135.0	1.00	0.74	5	0.95	6	5	6

*ND= No Disponible

** Se escoge N60 si es fino (N60)1 si es granular

Datos de la perforación

Condiciones de la perforación

Nivel freático (NF)		Equipo utilizado:		Metodología del sondeo:	
Encontrado en el sondeo	Si	Nombre del equipo:	SIMCO III	Longitud de cada ensayo (m)	0.15
Profundidad del NF (m):	5.0	Tipo de martillo:	Automático	Muestreo lineal:	Si
		Eficiencia:	75%	Diametro del sondeo (mm)	80

Corrección por procedimiento del sondeo

Factor de diametro (C_d):	1.00	Factor por muestreo (C_s):	1.00
--	------	---	------

Corrección del SPT

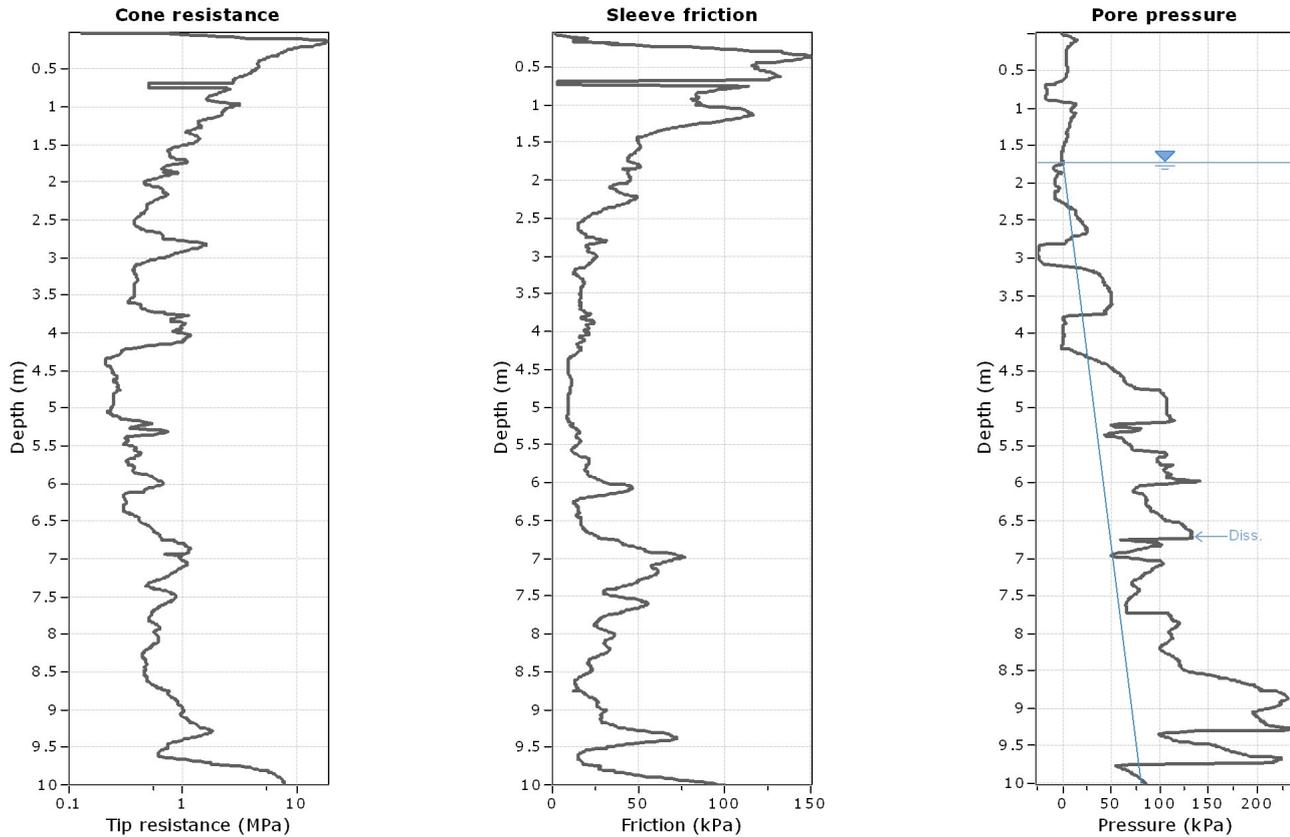
Datos Iniciales				ASTM D6066 - 11						SPT Procedimiento de muestreo					
Prof. inicio muestreo	NSPT (CAMPO)	g(kN/m)	%Pasa 200	Prof. del ensayo	N ₆₀	s (kPa)	u (kPa)	s' (kPa)	n	C _n	(N ₆₀) ₁	Factor de L. barra (C _L):	N ₆₀	(N ₆₀) ₁	SPT corregido**
0.00	18	17.0	83	0.30	17	5.1	0.0	5.1	1.00	1.60	27	0.75	13	27	13
0.50	16	17.0	83	0.80	15	13.6	0.0	13.6	1.00	1.60	24	0.75	11	24	11
1.00	12	17.0	83	1.30	11	22.1	0.0	22.1	1.00	1.60	18	0.75	8	18	8
1.50	9	18.0	83	1.80	8	30.9	0.0	30.9	1.00	1.60	14	0.75	6	14	6
2.00	6	18.0	83	2.30	6	39.9	0.0	39.9	1.00	1.60	9	0.75	4	9	4
2.50	5	18.0	83	2.80	5	48.9	0.0	48.9	1.00	1.60	8	0.75	4	8	4
3.00	-	18.0	83	3.30	ND	57.9	0.0	57.9	1.00	1.60	ND	0.75	ND	ND	ND
3.50	7	18.0	83	3.80	9	66.9	0.0	66.9	1.00	1.49	13	0.75	7	13	7
4.20	4	18.0	83	4.50	5	79.5	0.0	79.5	1.00	1.26	6	0.85	4	6	4
4.70	-	18.0	83	5.00	ND	88.5	0.0	88.5	1.00	1.13	ND	0.85	ND	ND	ND
5.40	4	18.0	54	5.70	5	101.1	6.9	94.2	1.00	1.06	5	0.85	4	5	4
5.90	4	18.0	54	6.20	5	110.1	11.8	98.3	1.00	1.02	5	0.95	5	5	5
6.40	-	18.0	54	6.70	ND	119.1	16.7	102.4	1.00	0.98	ND	0.95	ND	ND	ND
7.10	8	18.0	54	7.40	10	131.7	23.5	108.2	1.00	0.92	9	0.95	10	9	10
7.60	8	18.0	54	7.90	10	140.7	28.4	112.3	1.00	0.89	9	0.95	10	9	10
8.30	-	18.0	54	8.60	ND	153.3	35.3	118.0	1.00	0.85	ND	0.95	ND	ND	ND
8.80	14	18.0	54	9.10	18	162.3	40.2	122.1	1.00	0.82	14	0.95	17	14	17
9.30	11	18.0	54	9.60	14	171.3	45.1	126.2	1.00	0.79	11	0.95	13	11	13

*ND= No Disponible

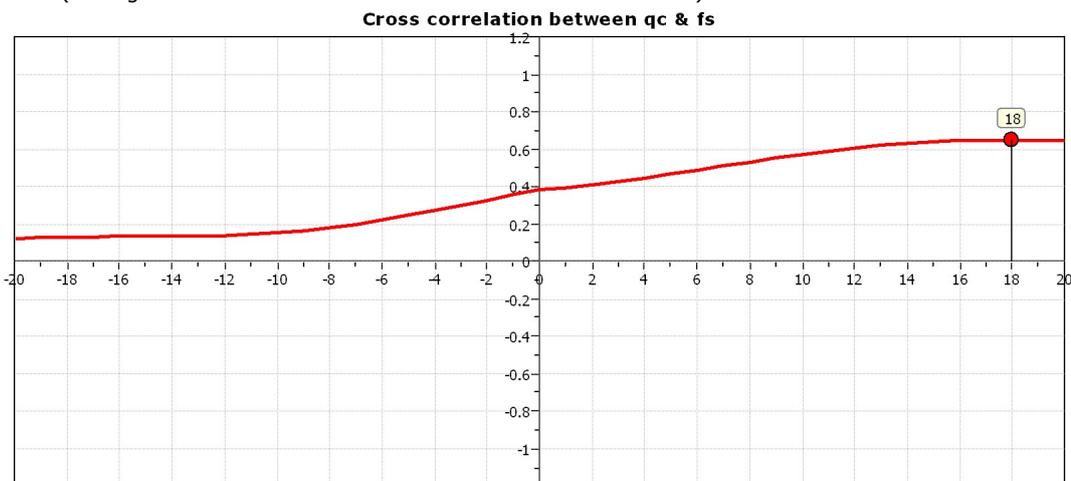
** Se escoge N60 si es fino (N60)1 si es granular

ANEXO G.

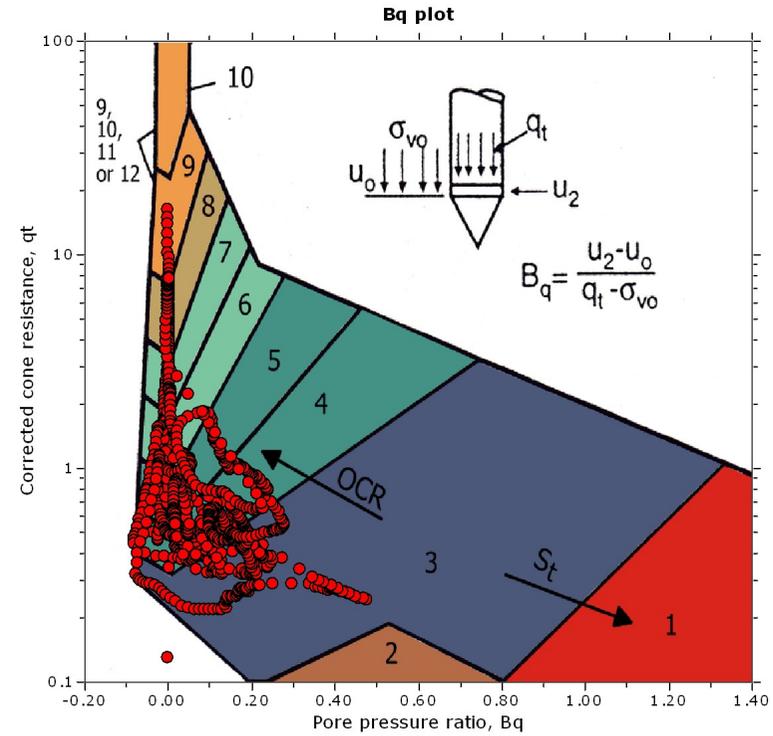
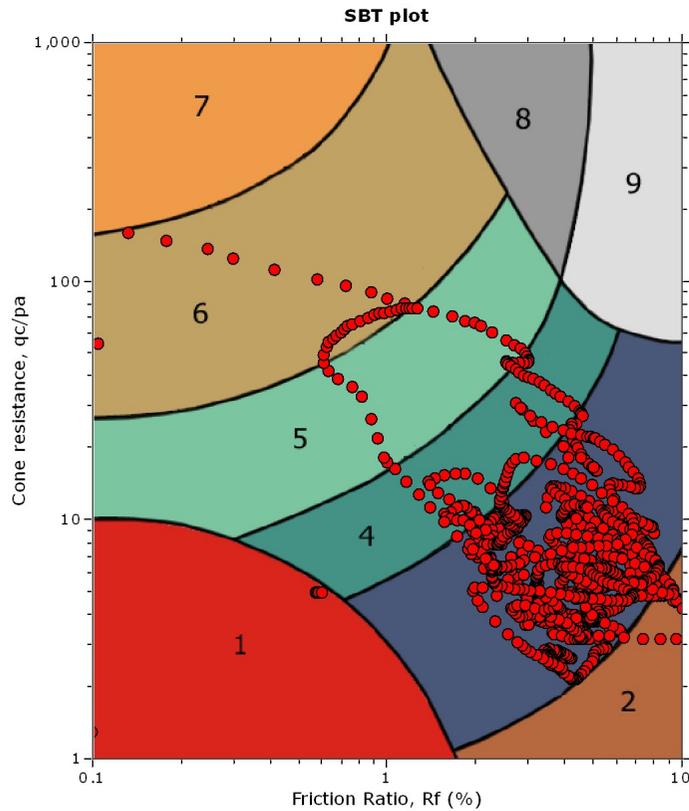
INTERPRETACIÓN DE ENSAYOS DE CPT



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



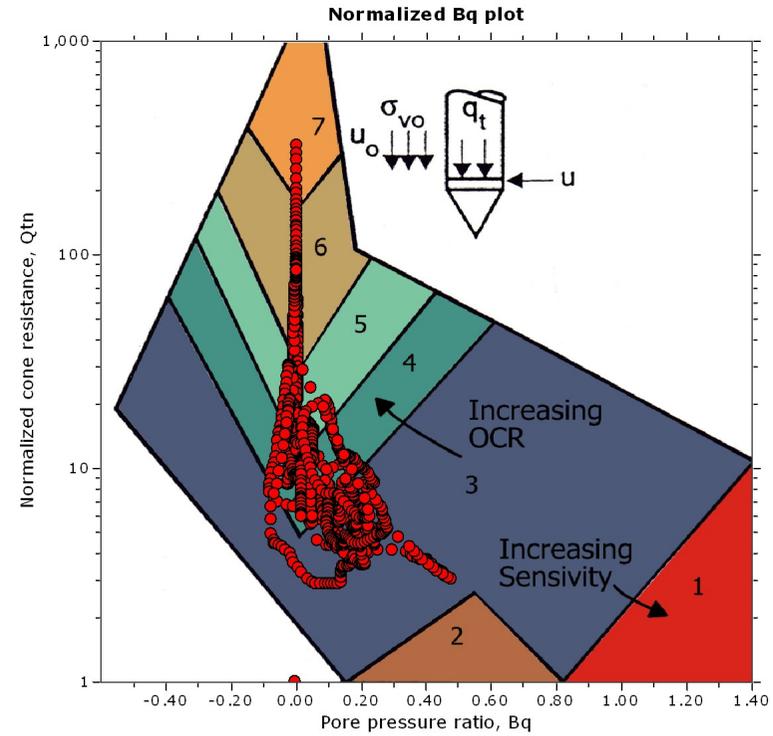
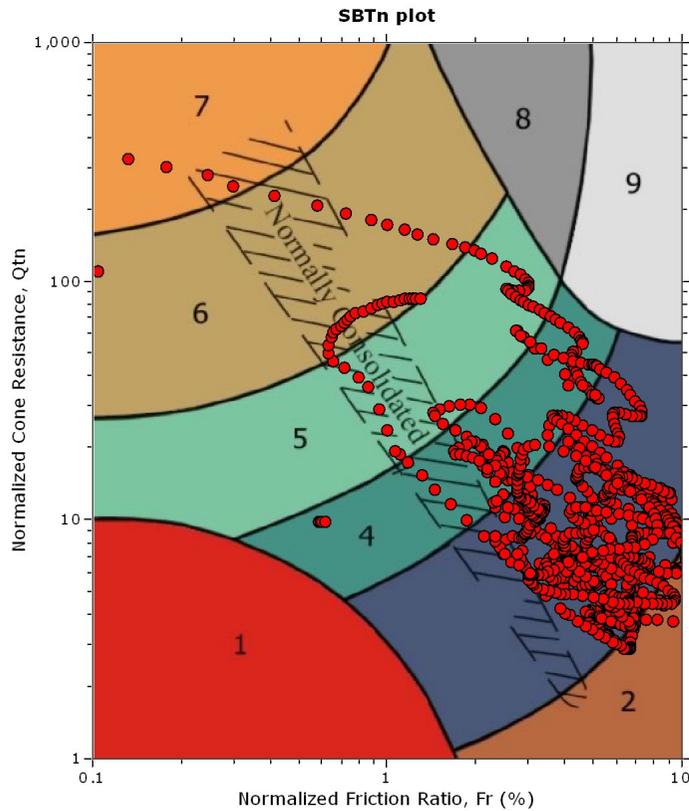
SBT - Bq plots



SBT legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

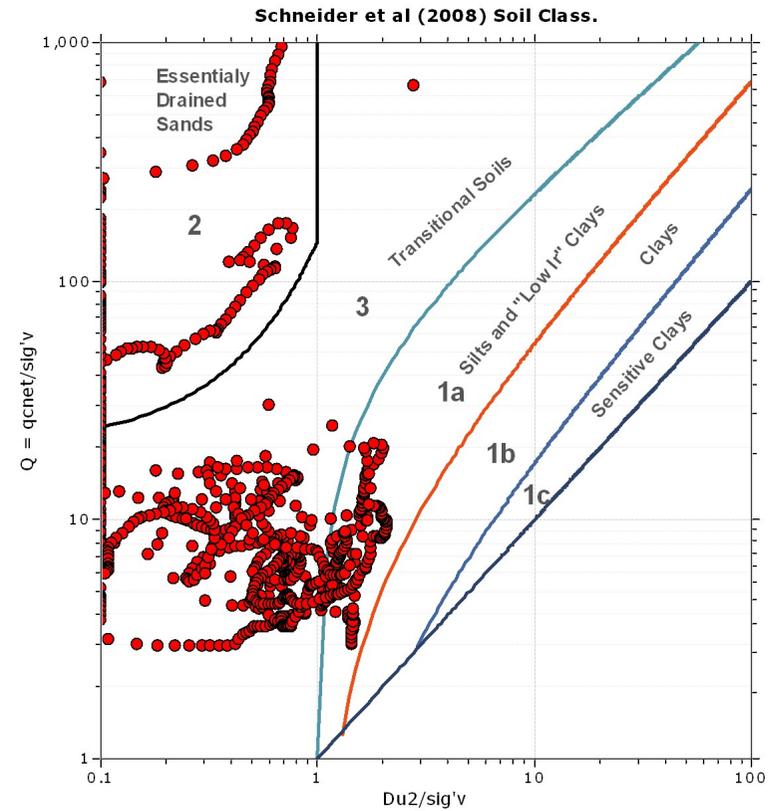
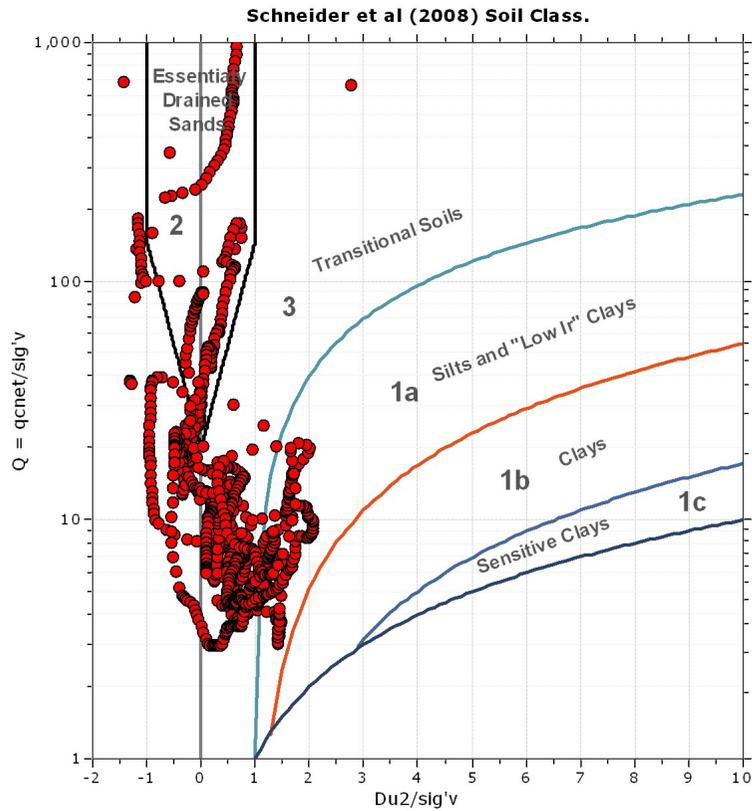
SBT - Bq plots (normalized)

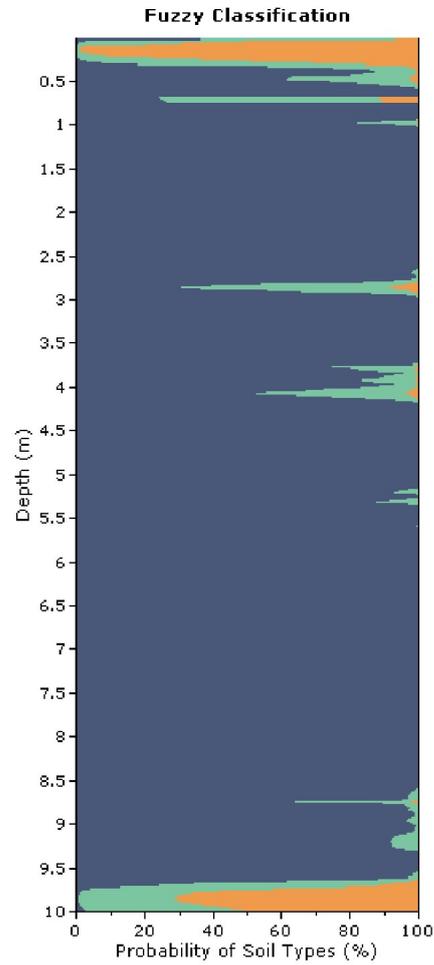
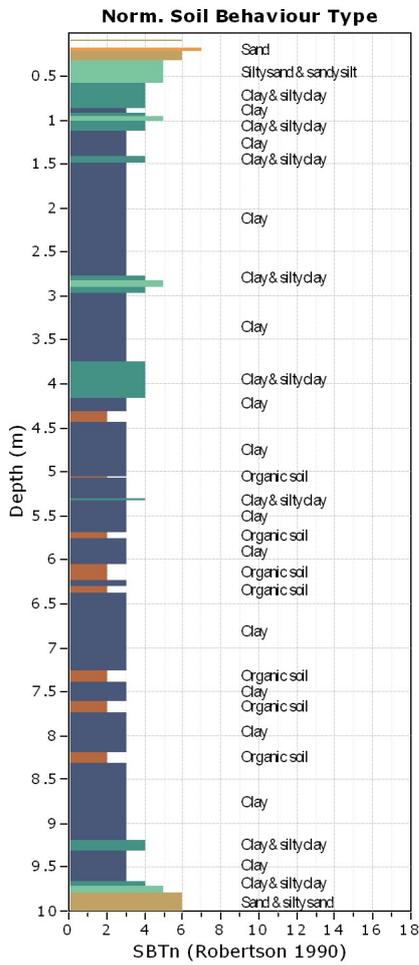


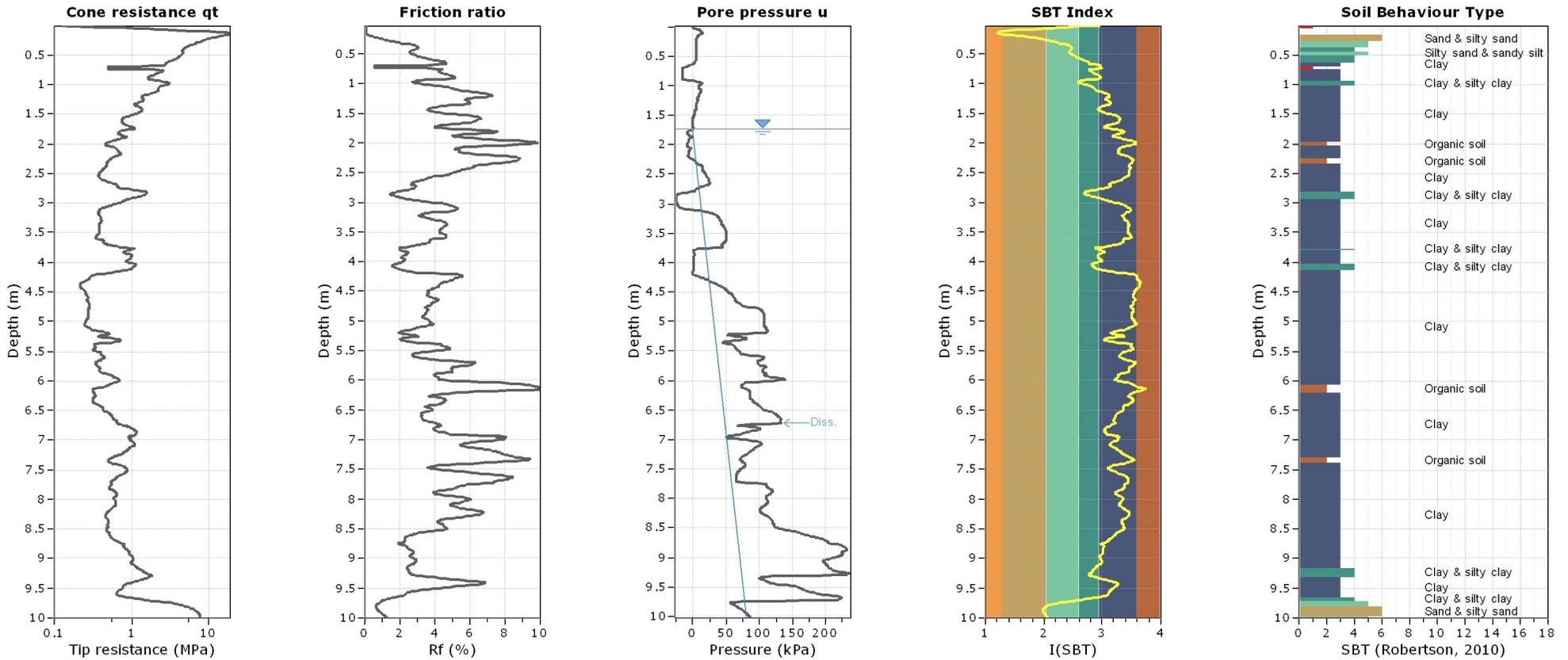
SBTn legend

- | | | |
|--|---|---|
| ■ 1. Sensitive fine grained | ■ 4. Clayey silt to silty clay | ■ 7. Gravely sand to sand |
| ■ 2. Organic material | ■ 5. Silty sand to sandy silt | ■ 8. Very stiff sand to clayey sand |
| ■ 3. Clay to silty clay | ■ 6. Clean sand to silty sand | ■ 9. Very stiff fine grained |

Bq plots (Schneider)

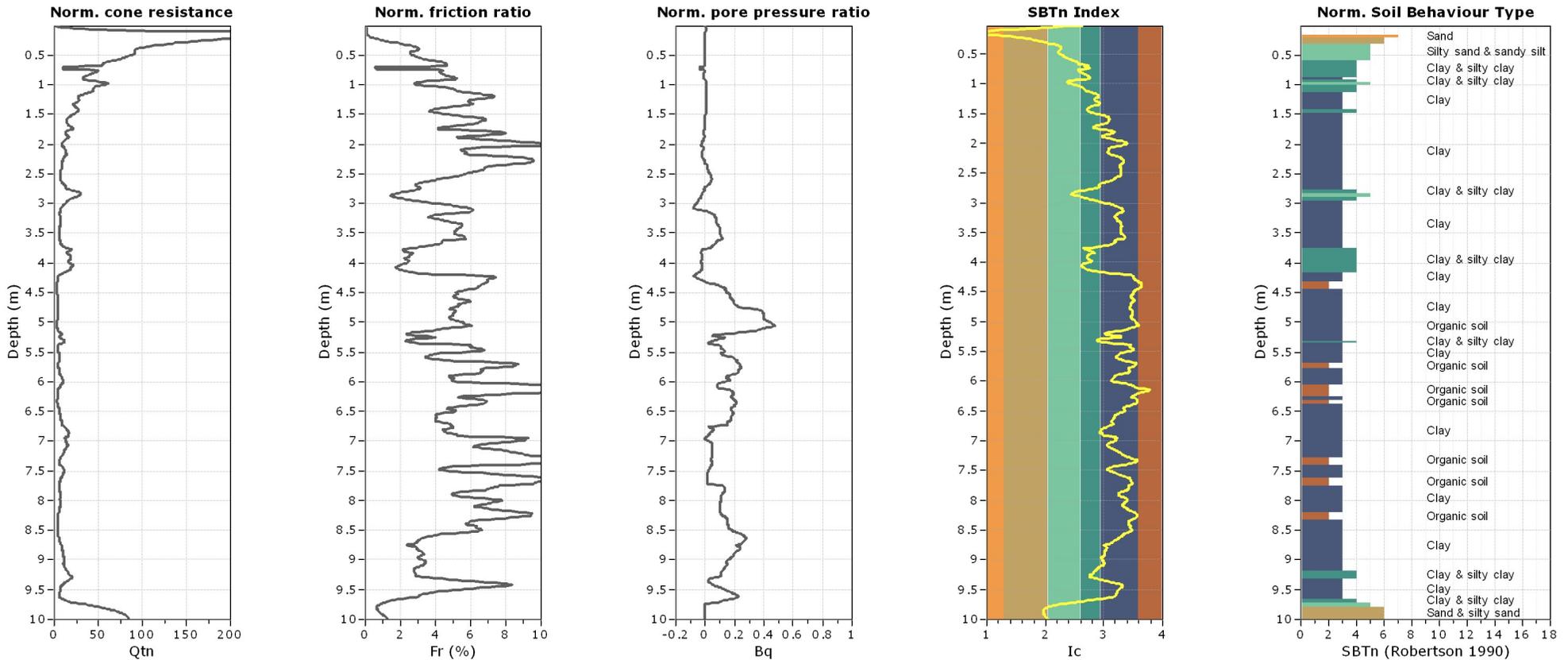






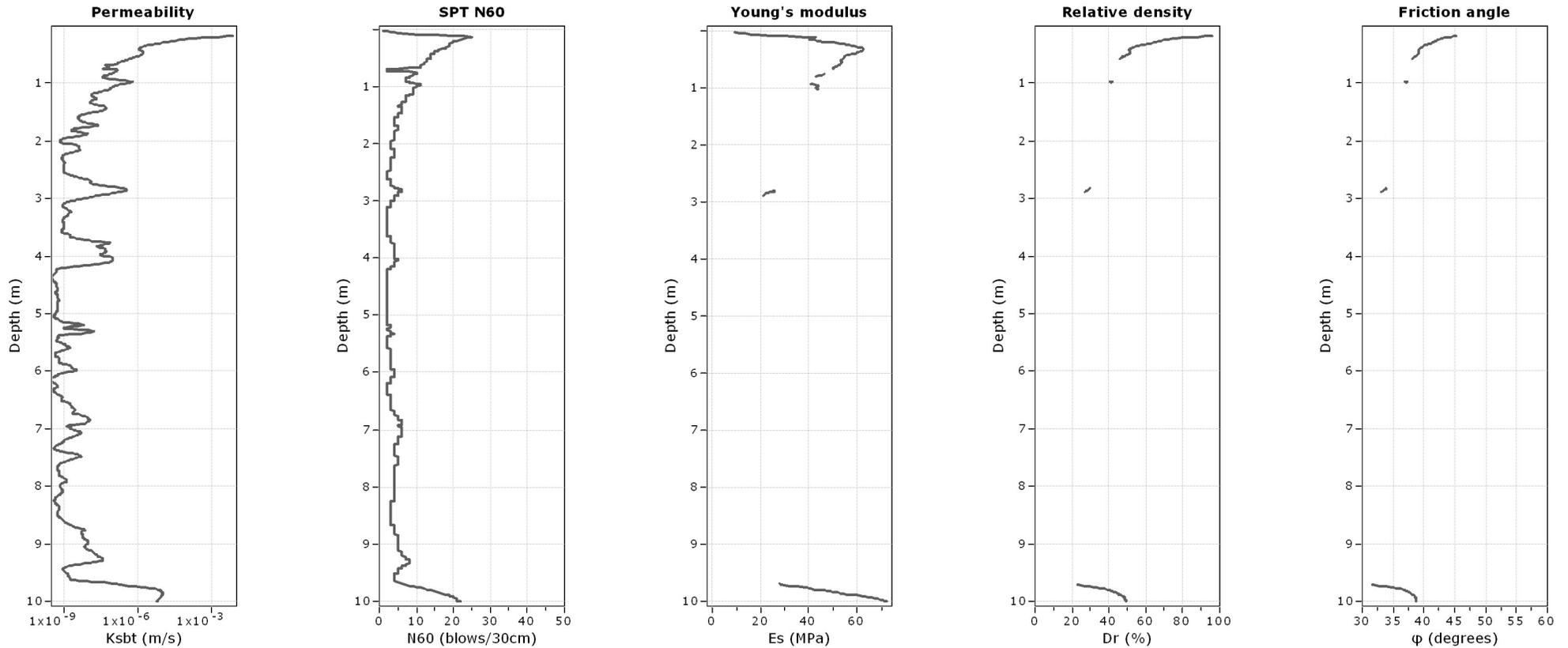
SBT legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |



SBTn legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

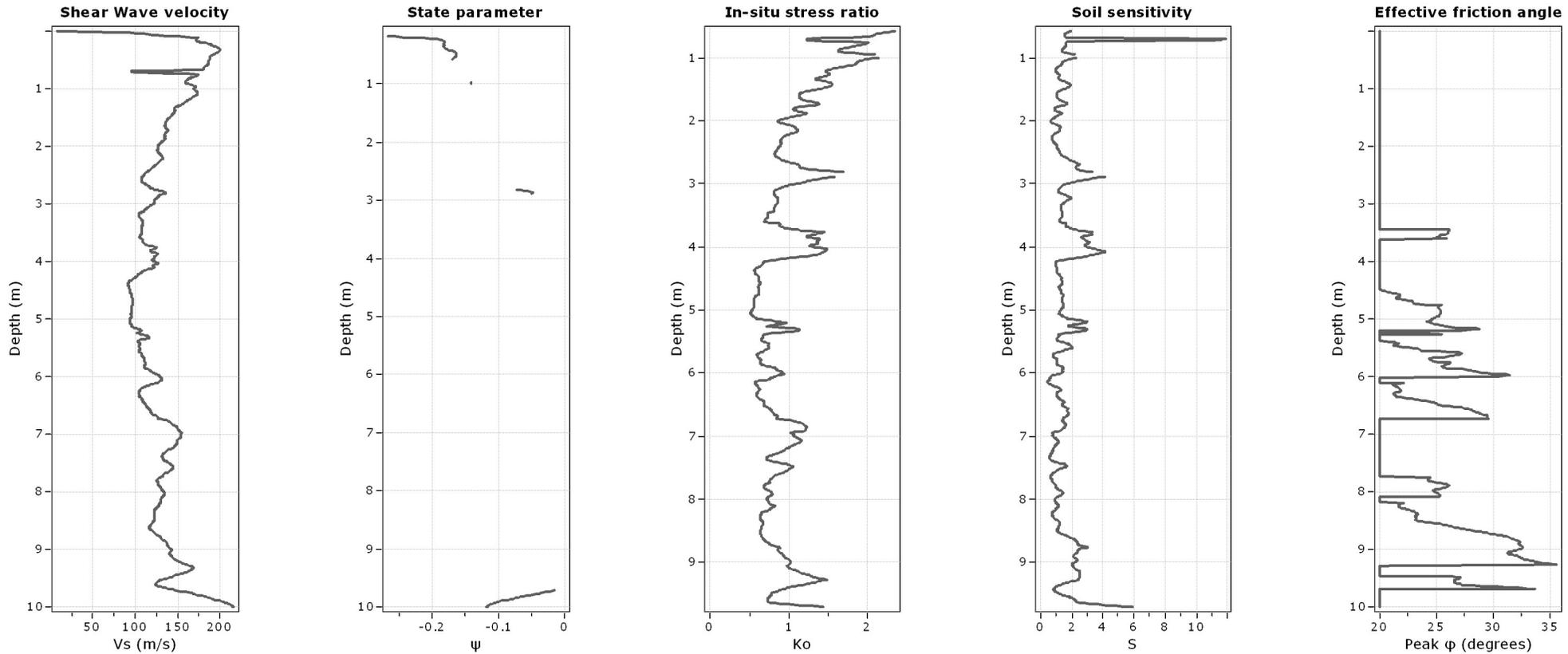
SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_D : 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

● — User defined estimation data



Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

Presented below is a list of formulas used for the estimation of various soil properties. The formulas are presented in SI unit system and assume that all components are expressed in the same units.

:: Unit Weight, g (kN/m³) ::

$$g = g_w \cdot \left(0.27 \cdot \log(R_f) + 0.36 \cdot \log\left(\frac{q_t}{p_a}\right) + 1.236 \right)$$

where g_w = water unit weight

:: Permeability, k (m/s) ::

$$I_c < 3.27 \text{ and } I_c > 1.00 \text{ then } k = 10^{0.952-3.04 \cdot I_c}$$

$$I_c \leq 4.00 \text{ and } I_c > 3.27 \text{ then } k = 10^{-4.52-1.37 \cdot I_c}$$

:: N_{SPT} (blows per 30 cm) ::

$$N_{60} = \left(\frac{q_c}{p_a} \right) \cdot \frac{1}{10^{1.1268-0.2817 \cdot I_c}}$$

$$N_{1(60)} = Q_{tn} \cdot \frac{1}{10^{1.1268-0.2817 \cdot I_c}}$$

:: Young's Modulus, Es (MPa) ::

$$(q_t - \sigma_v) \cdot 0.015 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

(applicable only to $I_c < I_{c_cutoff}$)

:: Relative Density, Dr (%) ::

$$100 \cdot \sqrt{\frac{Q_{tn}}{k_{DR}}} \quad \text{(applicable only to SBT}_n: 5, 6, 7 \text{ and } 8 \text{ or } I_c < I_{c_cutoff})$$

:: State Parameter, ψ ::

$$\psi = 0.56 - 0.33 \cdot \log(Q_{tn,cs})$$

:: Peak drained friction angle, ϕ (°) ::

$$\phi = 17.60 + 11 \cdot \log(Q_{tn})$$

(applicable only to SBT_n: 5, 6, 7 and 8)

:: 1-D constrained modulus, M (MPa) ::

If $I_c > 2.20$

$$\alpha = 14 \text{ for } Q_{tn} > 14$$

$$\alpha = Q_{tn} \text{ for } Q_{tn} \leq 14$$

$$M_{CPT} = \alpha \cdot (q_t - \sigma_v)$$

If $I_c \leq 2.20$

$$M_{CPT} = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

:: Small strain shear Modulus, Go (MPa) ::

$$G_0 = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

:: Shear Wave Velocity, Vs (m/s) ::

$$V_s = \left(\frac{G_0}{\rho} \right)^{0.50}$$

:: Undrained peak shear strength, Su (kPa) ::

$$N_{kt} = 10.50 + 7 \cdot \log(F_r) \text{ or user defined}$$

$$S_u = \frac{(q_t - \sigma_v)}{N_{kt}}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Remolded undrained shear strength, Su(rem) (kPa) ::

$$S_{u(rem)} = f_s \quad \text{(applicable only to SBT}_n: 1, 2, 3, 4 \text{ and } 9 \text{ or } I_c > I_{c_cutoff})$$

:: Overconsolidation Ratio, OCR ::

$$k_{OCR} = \left[\frac{Q_{tn}^{0.20}}{0.25 \cdot (10.50 + 7 \cdot \log(F_r))} \right]^{-1.25} \text{ or user defined}$$

$$OCR = k_{OCR} \cdot Q_{tn}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: In situ Stress Ratio, Ko ::

$$K_o = (1 - \sin \phi') \cdot OCR^{\sin \phi'}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Soil Sensitivity, St ::

$$S_t = \frac{N_s}{F_r}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Effective Stress Friction Angle, ϕ' (°) ::

$$\phi' = 29.5^\circ \cdot B_q^{0.121} \cdot (0.256 + 0.336 \cdot B_q + \log Q_t)$$

(applicable for $0.10 < B_q < 1.00$)

References

- Robertson, P.K., Cabal K.L., Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, Gregg Drilling & Testing, Inc., 5th Edition, November 2012
- Robertson, P.K., Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Can. Geotech. J. 46(11): 1337–1355 (2009)

ANEXO H.

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE APIQUES Y DE LAS MUESTRAS

PT-MACH-1



PT-MACH-3



AP-MACH-1



AP-MACH-2



AP-MACH-3



AP-MACH-4



Registro fotográfico apiques Muro Achí





Fondo
Adaptación



Trabajamos en la Reconstrucción
Gestionando el Riesgo de Desastres



SI SUELOS INGENIERÍA S.A.S.
Estudios, diseños y construcciones en geotecnia

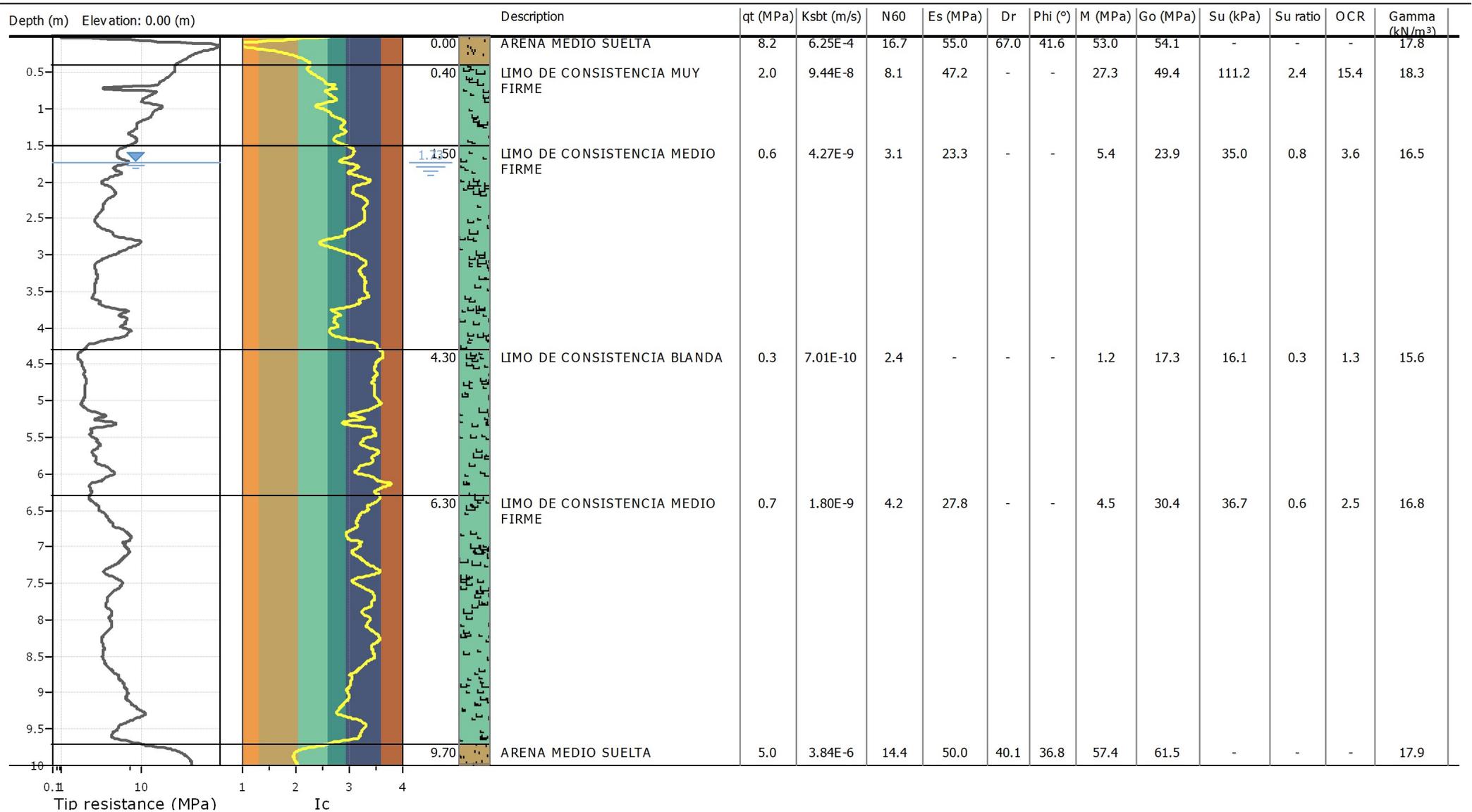
ANEXO I.

REGISTROS DE PERFORACIÓN Y APIQUES

Project: Evaluación Geotécnica de Obras de Protección Hidráulica en la Región de La Mojana
Location: Achí, Bolívar

CPT: CP-MACH-2

Total depth: 10.00 m



REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACIÓN No. PT-MACH-1

FECHA DE INICIO: MARZO 30-2015

N.A.F :

EQUIPO.:

ANGULO:

FECHA DE FINALIZACION: MARZO 30-2015

7.5m

SIMCO III

90°

PESO DEL MARTILLO TOMA MUESTRA: 140 lb.

CAIDA: 76 cm

CAMISA DE MARTILLO W:

PROFUNDIDAD (m)	ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR			MUESTRA Nº	PROFUNDIDAD		NUCLEOS			DESCRIPCIÓN DEL SUELO O ROCA	SIMBOLO	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CAMISA	GOLPES/PIES SOBRE CAMISA	PRESIÓN (Kg./cm ²)	ESFUERZO CORTANTE(Kg./cm ²)
	N1	N2	N3		DESDE	HASTA	No. Y TAMAÑO DE PIEZAS	% DE RECUPERACION	ROD							
	SHELBY															
-0.5	9	9	8	1	0.0	0.5		45%		LIMO arenoso, de color marrón claro, humedad baja, consistencia dura.	SS					
-1.0	8	9	9	2	0.5	1.0		40%			SS					
-1.5	8	7	7	3	1.0	1.5		45%			SS					
-2.0	6	5	7	4	1.5	2.0		35%			SS					
-2.5	7	8	8	5	2.0	2.5		30%			SS					
-3.0	8	7	6	6	2.5	3.0		40%			SS					
-3.5	7	7	6	7	3.0	3.5		30%		LIMO, de color marrón claro, humedad baja, consistencia dura, con materia organica.	SS					
-4.2	SHELBY			8	3.5	4.2		100%		LIMO arenoso, de color marrón claro, humedad baja, consistencia dura.	ST					
-4.7	8	7	7	9	4.2	4.7		50%			SS					
-5.4	SHELBY				4.7	5.4		0%			ST					

PERFORADOR : RODRIGO ACUÑA

SUPERVISOR: DOUGLAS ARAUJO

ASISTENTE: JAIDER CAMARGO - ANTONIO BARRIOS

DIGITALIZO: JULIANA GUTIERREZ

NOTA:

S.S: CUCHARA PARTIDA

A.U: AUGER

H.Q NUCLEO PUNTA

S.T. TUBO SHELBY

H.W NUCLEO PUNTA

PERFORACION No. PT-MACH-1

PROFUNDIDAD (m)	ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR			MUESTRA Nº	PROFUNDIDAD		NUCLEOS			DESCRIPCIÓN DEL SUELO O ROCA	SIMBOLO	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CAMISA	GOLPES/PIES	SOBRE CAMISA	PRESIÓN (kg./cm ²)	ESFUERZO CORTANTE(kg./cm ²)
					DESDE	HASTA	No. Y TAMAÑO DE PIEZAS	% DE RECUPERACION	RQD								
	N1	N2	N3														
-5.4	3	2	3	10	5.4	5.7		20%		LIMO arcilloso de color gris oscuro, humedad media, consistencia blanda.	SS						
-5.9	3	4	3	11	5.9	6.4		40%			SS						
-6.4	SHELBY			12	6.4	7.1		100%		LIMO con rastros de arena, de color gris oscuro, consistencia blanda, con presencia de materia organica.	ST						
-7.1	2	3	3	13	7.1	7.6		25%		ARCILLA de color gris oscuro, humedad media, consistencia blanda.	SS						
-7.6	SHELBY			14	7.6	8.3		100%		LIMO arcilloso con alto contenido de materia organica consistencia blanda humedad	ST						
-8.3	2	2	3	15	8.3	8.8		20%		ARCILLA de color gris, humedad media, consistencia blanda.	SS						
-8.8	3	3	3	16	8.8	9.3		15%		ARCILLA de color gris con vetas amarillas, humedad media, consistencia blanda.	SS						
-9.3	4	3	2	17	9.3	9.8		50%		ARCILLA de color gris con vetas amarillas, humedad media, consistencia blanda.	SS						
-9.8										FIN DE LA PERFORACIÓN							

PERFORADOR : RODRIGO ACUÑA

ASISTENTE: JAIDER CAMARGO - ANTONIO BARRIOS

SUPERVISOR: DOUGLAS ARAUJO

DIGITALIZO: JULIANA GUTIERREZ

NOTA:

S.S: CUCHARA PARTIDA

A.U: AUGER

H.Q NUCLEO PUNTA

S.T. TUBO SHELBY

H.W NUCLEO PUNTA

REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACIÓN No. PT-MACH-3

FECHA DE INICIO: MARZO 31-2015

N.A.F :

EQUIPO: SIMCO III

ANGULO 90°

FECHA DE FINALIZACIÓN: MARZO 31-2015

5.0m

CAIDA: 76 cm

CAMISA DE MARTILLO W:

PESO DEL MARTILLO TOMA MUESTRA: 140 lb.

PROFUNDIDAD (m)	ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR			MUESTRA Nº	PROFUNDIDAD		NUCLEOS		DESCRIPCIÓN DEL SUELO O ROCA	SÍMBOLO	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CAMISA	GOLPES/PIES SOBRE CAMISA	PRESIÓN (Kg./cm ²)	ESFUERZO CORTANTE(Kg./cm ²)	
	N1	N2	N3		DESDE	HASTA	No. Y TAMAÑO DE PIEZAS	% DE RECUPARACION								RQD
-0.5	7	9	9	1	0.0	0.5		40%	LIMO inorganico de color gris, humedad media.	SS						
-1.0	9	8	8	2	0.5	1.0		45%		SS						
-1.5	5	6	6	3	1.0	1.5		30%		SS						
-2.0	6	5	4	4	1.5	2.0		45%		SS						
-2.5	4	3	3	5	2.0	2.5		35%	LIMO arcilloso de color gris oscuro, humedad media.	SS						
-3.0	3	3	2	6	2.5	3.0		20%		SS						
-3.7	SHELBY			7	3.0	3.7		87%	ARCILLA limosa de color amarillo pardo, humedad media.	ST						
-4.2	3	3	4	5	3.7	4.2		25%		SS						
-4.7	3	2	2	6	4.2	4.7		25%	ARCILLA limosa de color amarillo pardo con vetas grises, humedad media.	SS						
-5.4	SHELBY			7	4.7	5.4		100%	ARCILLA limosa de color gris oscuro, humedad media.	ST						

PERFORADOR : RODRIGO ACUÑA

SUPERVISOR: DOUGLAS ARAUJO

ASISTENTE: JAIDER CAMARGO - ANTONIO BARRIOS

DIGITALIZO: JULIANA GUTIERREZ

NOTA:

S.S: CUCHARA PARTIDA

A.U: AUGER

H.Q NUCLEO PUNTA

S.T. TUBO SHELBY

H.W NUCLEO PUNTA

PERFORACION No. PT-MACH-3

PROFUNDIDAD (m)	ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR			MUESTRA Nº	PROFUNDIDAD		NUCLEOS			DESCRIPCIÓN DEL SUELO O ROCA	SÍMBOLO	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CAMISA	GOLPES/PIES SOBRE CAMISA	PRESIÓN (Kg./cm ²)	ESFUERZO CORTANTE(Kg./cm ²)
	N1	N2	N3		DESDE	HASTA	No. Y TAMAÑO DE PIEZAS	% DE RECUPARACION	RQD							
	SHELBY															
-5.4	2	2	2	8	5.4	5.9		50%		LIMO inorganico de color gris con trazas de arena fina, humedad media.	SS					
-5.9	3	2	2	9	5.9	6.4		10%		LIMO arcilloso de color gris oscuro, humedad media.	SS					
-6.4	SHELBY			10	6.4	7.1		100%		ARCILLA limosa de color gris oscuro, con trazas de arena fina, humedad media.	ST					
-7.1	3	4	4	11	7.1	7.6		40%		ARENA de grano fino, de color amarillo pardo con presencia de mica, humedad media.	SS					
-7.6	4	3	5	12	7.6	8.1		30%			SS					
-8.1	SHELBY				8.1	8.8		0%			ST					
-8.8	6	7	7	13	8.8	9.3		10%		LIMO inorganico de color gris, humedad media.	SS					
-9.3	7	6	5	14	9.3	9.8		30%		ARENA de grano fino, de color amarillo pardo, humedad media.	SS					
-9.8	FIN DE LA PERFORACIÓN															

PERFORADOR : RODRIGO ACUÑA	SUPERVISOR: DOUGLAS ARAUJO
ASISTENTE: JAIDER CAMARGO - ANTONIO BARRIOS	DIGITALIZO: JULIANA GUTIERREZ

NOTA:
 S.S: CUCHARA PARTIDA A.U: AUGER H.Q NUCLEO PUNTA
 S.T. TUBO SHELBY H.W NUCLEO PUNTA

REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACIÓN No. AP-MACH-1

FECHA DE INICIO: ABRIL 04 - 2015

N.A.F :

EQUIPO.:

ANGULO

FECHA DE FINALIZACION: ABRIL 04 - 2015

MANUAL

90°

PESO DEL MARTILLO TOMA MUESTRA: 140 lb.

CAIDA: 76 cm

CAMISA DE MARTILLO W:

PROFUNDIDAD (m)	ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR			MUESTRA Nº	PROFUNDIDAD		NUCLEOS			DESCRIPCIÓN DEL SUELO O ROCA	SIMBOLO	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CAMISA	GOLPES/PIES	SOBRE CAMISA	PRESIÓN (Kg./cm ²)	ESFUERZO CORTANTE(Kg./cm ²)
	N1	N2	N3		DESDE	HASTA	No. Y TAMAÑO DE PIEZAS	% DE RECUPERACION	RGD								
-0.5	APIQUE			0	0.0	0.5				RELLENO (Bolsa, botella, sacos, escombros)							
				1	0.5	1.0				RELLENO (Bolsa, botella, sacos, escombros)							
-1.0										FIN DEL APIQUE							
-1.5																	
-2.0																	
-2.5																	
-3.0																	
-3.5																	
-4.0																	
-4.5																	
-5.0																	

PERFORADOR :

SUPERVISOR: DOUGAS ARAÚJO

ASISTENTE: ANTONIO BARRIO, JAIDER CAMARGO.

DIGITALIZO: JULIANA GUTIERREZ

NOTA:

S.S: CUCHARA PARTIDA

A.U: AUGER

H.Q NUCLEO PUNTA

S.T. TUBO SHELBY

H.W NUCLEO PUNTA

REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACIÓN No. AP-MACH-2

FECHA DE INICIO: ABRIL 04 - 2015

N.A.F :

EQUIPO.:

ANGULO

FECHA DE FINALIZACION: ABRIL 04 - 2015

MANUAL

90°

PESO DEL MARTILLO TOMA MUESTRA: 140 lb.

CAIDA: 76 cm

CAMISA DE MARTILLO W:

PROFUNDIDAD (m)	ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR			MUESTRA Nº	PROFUNDIDAD		NUCLEOS			DESCRIPCIÓN DEL SUELO O ROCA	SIMBOLO	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CAMISA	GOLPES/PIES	SOBRE CAMISA	PRESIÓN (Kg./cm ²)	ESFUERZO CORTANTE(Kg./cm ²)	
	N1	N2	N3		DESDE	HASTA	No. Y TAMAÑO DE PIEZAS	% DE RECUPERACION	RGD									
-0.5	APIQUE			0	0.0	0.5				ARENA limosa, humedad media, color marrón claro.	////							
-1.0				1	0.5	1.0							ARENA limosa, humedad media, color marrón claro.					
-1.0	FIN DEL APIQUE																	
-1.5																		
-2.0																		
-2.5																		
-3.0																		
-3.5																		
-4.0																		
-4.5																		
-5.0																		

PERFORADOR :

SUPERVISOR: DOUGLAS ARAÚJO Z.

ASISTENTE: ANTONIO BARRIO, JAIDER CAMARGO.

DIGITALIZO: JULIANA GUTIERREZ

NOTA:

S.S: CUCHARA PARTIDA

A.U: AUGER

H.Q NUCLEO PUNTA

S.T. TUBO SHELBY

H.W NUCLEO PUNTA

REGISTRO DE PERFORACION

PERFORACIÓN No. AP-MACH-4

FECHA DE INICIO: ABRIL 04 - 2015

N.A.F :

EQUIPO.:

ANGULO

FECHA DE FINALIZACION: ABRIL 04 - 2015

MANUAL

90°

PESO DEL MARTILLO TOMA MUESTRA: 140 lb.

CAIDA: 76 cm

CAMISA DE MARTILLO W:

PROFUNDIDAD (m)	ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR			MUESTRA Nº	PROFUNDIDAD		NUCLEOS			DESCRIPCIÓN DEL SUELO O ROCA	SIMBOLO	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE CAMISA	GOLPES/PIES	SOBRE CAMISA	PRESIÓN (Kg./cm ²)	ESFUERZO CORTANTE(Kg./cm ²)	
	N1	N2	N3		DESDE	HASTA	No. Y TAMAÑO DE PIEZAS	% DE RECUPERACION	RGD									
-0.5	APIQUE			0	0.0	0.5				ARENA limosa, color marrón claro, humedad media. ARENA limosa, color marrón claro, humedad media.	///							
-1.0				1	0.5	1.0								FIN DEL APIQUE				
-1.5																		
-2.0																		
-2.5																		
-3.0																		
-3.5																		
-4.0																		
-4.5																		
-5.0																		

PERFORADOR :

SUPERVISOR: DOUGLAS ARAÚJO Z.

ASISTENTE: ANTONIO BARRIO, JAIDER CAMARGO.

DIGITALIZO: JULIANA GUTIERREZ

NOTA:

S.S: CUCHARA PARTIDA

A.U: AUGER

H.Q NUCLEO PUNTA

S.T. TUBO SHELBY

H.W NUCLEO PUNTA

ANEXO J.

RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
EVALUACIÓN GEOTÉCNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGIÓN DE LA MOJANA
PROYECTO:
LOCALIZACIÓN: MURO ACHI

SONDEO: PT-MACH-1

SONDEO	MUESTRA Nº	PROFUNDIDAD (m)	ENSAYOS																								
			ATTERBERG			ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			(SUCS)	P _c (kg/cm ³)	Cc	Cs	% PARTI < 2 μ	PESO UNITARIO (g/cm ³)	PIN HOLE	Gs	DISPERSIÓN EN DOBLE HIDROMETRO	GRADO DE DISPERSIBILIDAD CRUMB	M.O. (%)	LÍMITE DE CONTRACCIÓN %	CORTE DIRECTO		Qu		PERMEABILIDADES K20 (m/seg)	P.U POR DESPLAZAMIENTO (g/cm ³)	
			W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	T - N°4	T - N°40													T - N°200	♦	c (kpa)	q _v (kPa)			Cu (KPa)
PT-MACH-1	1	0.00 - 0.50	12.43																								
	2	0.50 - 1.00	19.06																								
	3	1.00 - 1.50	21.15	38.8	26.7	12.1	100.00	99.58	95.82	ML																	
	4	1.50 - 2.00	24.82																								1.68
	5	2.00 - 2.50	25.34																								
	6	2.50 - 3.00	23.66																								
	8	3.50 - 4.20	-										1.80														
	10	5.40 - 5.90	45.43	33.3	25.7	7.6	100.00	98.86	92.84	ML											21.00	2.80	51.58	25.79			
	11	5.90 - 6.40	51.36						94.20						2.81	31.78 % INTERMEDIO											
	13	7.10 - 7.60	49.88																								
	14	7.60 - 8.30	52.57																								
	16	8.80 - 9.30	32.28	47.7	39.5	17.2	100.00	99.55	98.21	ML																	
	17	9.30 - 9.80	50.06																								1.81

W_{nat}: Humedad natural. LL: Límite Líquido. LP: Límite Plástico. IP: Índice Plástico. LC: Límite de Contracción. Pu: Peso unitario. Gs: Gravedad Específica. Dispers.: Dispersividad por medio del ensayo Pin Hole. Químicos: Ph - Sulfatos - Cloruros

OBSERVACIONES

DIRECTOR TÉCNICO

INGENIERO DE LABORATORIO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
EVALUACIÓN GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGIÓN DE LA MOJANA
PROYECTO: LA MOJANA
LOCALIZACIÓN: MURO ACHI

SONDEO: PT-MACH-3

SONDEO	MUESTRA N°	PROFUNDIDAD (m)	ENSAYOS																									
			W (%)	ATTERBERG			ANALISIS GRANULOMETRICO			(SUCS)	P _c (kg/cm ²)	Cc	Cs	% PARTL < 2 μ	PESO UNITARIO [g/cm ³]	PIN HOLE	Gs	DISPERSION EN DOBLE HIDROMETRO	GRADO DE DISPERSABILIDAD CRUMB	M.O. (%)	LIMITE DE CONTRACCION %	CORTE DIRECTO		Cu		PERMEABILIDADES K20 (m/seg)	P.U POR DESPLAZAMIENTO (g/cm ³)	
				LL (%)	LP (%)	IP (%)	T - N°4	T - N°40	T - N°200													↓	c (kpa)	q _L (kPa)	Cu (KPa)			
PT-MACH-3	1	0,00 - 0,50	15,88																									
	2	0,50 - 1,00	14,70																									
	3	1,00 - 1,50	17,05	29,0	25,5	3,5	100,00	96,20	83,00	ML																		
	4	1,50 - 2,00	22,10																									
	5	2,00 - 2,50	30,31																									
	6	2,50 - 3,00	28,11																									
	7	3,00 - 3,70	-																									
	9	4,20 - 4,70	47,65	52,1	31,4	20,7	100,00	98,98	96,81	MH																		
	10	4,70 - 5,40	44,71																									
	11	5,40 - 5,90	39,22																									
	13	6,40 - 7,10	38,32																									
	14	7,10 - 7,60	27,44																									
	15	7,60 - 8,10	24,80	30,0	21,3	8,7	100,00	98,90	57,80	CL																		
	16	8,80 - 9,30	23,33																									

W_{nat}: Humedad natural LL: Límite Líquido LP: Límite Plástico IP: Índice Plástico LC: Límite de Contracción P_u: Peso unitario G_s: Gravedad Específica Dispers: Dispersión por medio del ensayo Pin Hole Químicos: Ph - Sulfatos - Cloruros

OBSERVACIONES

DIRECTOR TECNICO

INGENIERO DE LABORATORIO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15

PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN
REGION DE LA MOJANA

LOCALIZACION: MURO ACHI

FECHA: 22/05/15

SONDEO	MUESTRA Nº	PROFUNDIDAD	W _{s_h+T}	W _{s_s+T}	W _T	HUMEDAD NATURAL
PT-MACH-1	1	0,00 - 0,50	55.65	50.37	7.90	12.43
PT-MACH-1	2	0,50 - 1,00	44.37	37.94	4.20	19.06
PT-MACH-1	3	1,00 - 1,50	53.17	44.74	4.90	21.16
PT-MACH-1	4	1,50 - 2,00	45.89	37.74	4.90	24.82
PT-MACH-1	5	2,00 - 2,50	51.39	41.79	3.90	25.34
PT-MACH-1	6	2,50 - 3,00	56.95	47.01	5.00	23.66
PT-MACH-1	10	5,40 - 5,90	41.72	30.28	5.10	45.43
PT-MACH-1	11	5,90 - 6,40	37.95	27.55	7.30	51.36
PT-MACH-1	13	7,10 - 7,60	37.53	27.27	6.70	49.88
PT-MACH-1	14	7,60 - 8,30	40.50	28.44	5.50	52.57
PT-MACH-1	16	8,80 - 9,30	36.27	28.64	5.00	32.28
PT-MACH-1	17	9,30 - 9,80	30.04	21.42	4.20	50.06

OBSERVACIONES GENERALES:

Henry Portino Diaz

INGENIERO DE LABORATORIO

[Signature]

VºBº. DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓNORDEN DE TRABAJO: 202-001-15PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE
PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANALOCALIZACION: MURO ACHIFECHA: 14/05/15

SONDEO	MUESTRA Nº	PROFUNDIDAD	W _{S_h+T}	W _{S_s+T}	W _T	HUMEDAD NATURAL
PT-MACH-3	1	0,00 - 0,50	34.20	30.50	7.20	15.88
PT-MACH-3	2	0,50 - 1,00	36.70	32.60	4.70	14.70
PT-MACH-3	3	1,00 - 1,50	40.60	35.40	4.90	17.05
PT-MACH-3	4	1,50 - 2,00	38.60	32.50	4.90	22.10
PT-MACH-3	5	2,00 - 2,50	41.50	32.80	4.10	30.31
PT-MACH-3	6	2,50 - 3,00	67.10	53.10	5.00	29.11
PT-MACH-3	9	4,20 - 4,70	51.30	36.10	4.20	47.65
PT-MACH-3	10	4,70 - 5,40	30.00	22.40	5.40	44.71
PT-MACH-3	11	5,40 - 5,90	43.40	33.40	7.90	39.22
PT-MACH-3	13	6,40 - 7,10	34.50	26.30	4.90	38.32
PT-MACH-3	14	7,10 - 7,60	40.50	32.90	5.20	27.44
PT-MACH-3	15	7,60 - 8,10	35.60	29.50	4.90	24.80
PT-MACH-3	16	8,80 - 9,30	38.50	32.20	5.20	23.33

OBSERVACIONES GENERALES:



INGENIERO DE LABORATORIO



VºBº. DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA
PROYECTO: MOJANA
LOCALIZACION: MURO ACHI
FECHA: 22/05/15

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
SONDEO: PT-MACH-1
PROFUNDIDAD: 1,00 - 1,50
MUESTRA: 3

GRANULOMETRIA - ASTM D 6913/ NTC 1522

Peso Muestra y Tara		143.4 g		
Peso Tara		0 g		
Tamiz		Peso Retenido	% Retenido	% Pasa
(Nº)	(mm)			
4	101.6			100.00
3	76.1			100.00
2½	64			100.00
2	50.8			100.00
1½	38.1			100.00
1	25			100.00
¾	19			100.00
½	12.7			100.00
¾	9.5			100.00
No 4	4.75			100.00
No 10	2			100.00
No 40	0.425	0.60	0.42	99.58
No 100	0.15	1.20	0.84	98.74
No 200	0.075	4.20	2.93	95.82

LIMITES DE ATTERBERG - ASTM D 4318-95/NTC 4630

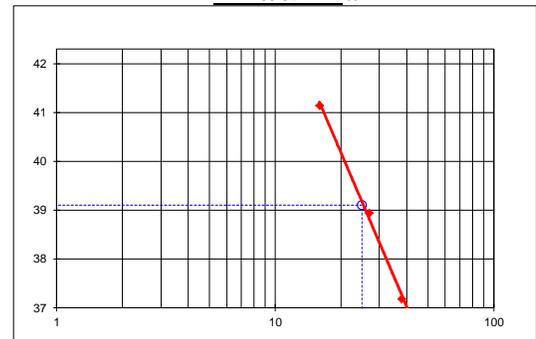
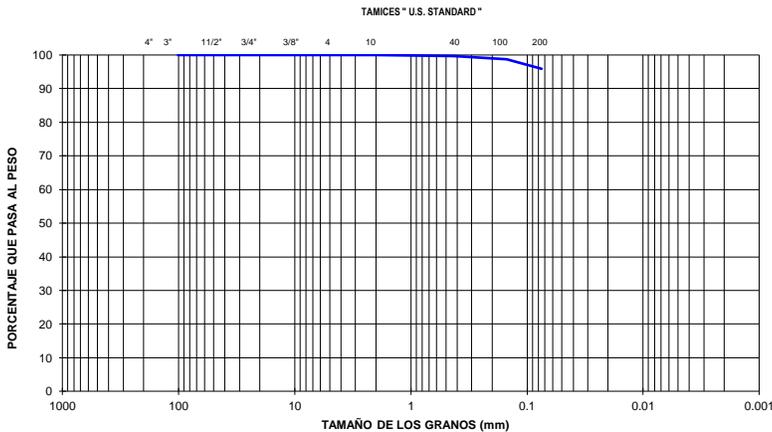
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)	26.9	25.8	23.2
Peso suelo seco + lata (gr)	22.4	21.6	20.4
Peso de lata (gr)	11.5	10.9	12.8
Contenido de humedad, %	40.8	38.6	36.9
Número de golpes, N	16	27	38

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)	22.2	21.4	
Peso suelo seco + lata (gr)	19.9	19.3	
Peso de lata (gr)	11.5	11.5	
Contenido de humedad, %	26.8	26.5	

LIMITE LIQUIDO: 38.8 % LINEA A: 13.724
 LIMITE PLASTICO: 26.7 %
 INDICE DE PLASTICIDAD: 12.1 % $C_{u=D60/D10, >6}$
 CLASIFICACION S.U.C.S.: ML $C_{C=(D30)^2 / D10 \times D60, \text{ entre } 1 \text{ y } 3}$
 CLASIFICACION A.A.S.T.H.O.:
 % PASA 200 REAL: 95.82 %



OBSERVACIONES GENERALES:

Handwritten signature

INGENIERO DE LABORATORIO

Handwritten signature

VºBº DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA
PROYECTO: MOJANA
LOCALIZACION: MURO ACHI
FECHA: 22/05/15

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
SONDEO: PT-MACH-1
PROFUNDIDAD: 5,40 - 5,90
MUESTRA: 10

GRANULOMETRIA - ASTM D 6913/ NTC 1522

Peso Muestra y Tara		114.5 g		
Peso Tara		0 g		
Tamiz		Peso Retenido	% Retenido	% Pasa
(Nº)	(mm)			
4	101.6			100.00
3	76.1			100.00
2½	64			100.00
2	50.8			100.00
1½	38.1			100.00
1	25			100.00
¾	19			100.00
½	12.7			100.00
¾	9.5			100.00
No 4	4.75			100.00
No 10	2	0.40	0.35	99.65
No 40	0.425	0.90	0.79	98.86
No 100	0.15	0.80	0.70	98.17
No 200	0.075	6.10	5.33	92.84

LIMITES DE ATTERBERG - ASTM D 4318-95/NTC 4630

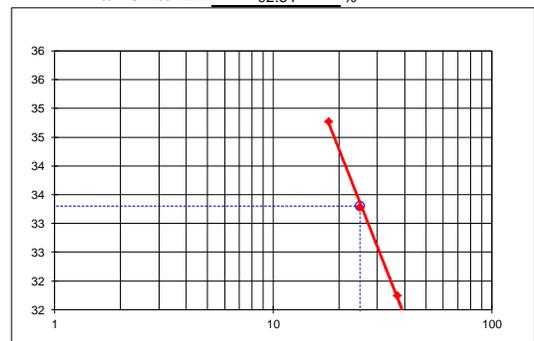
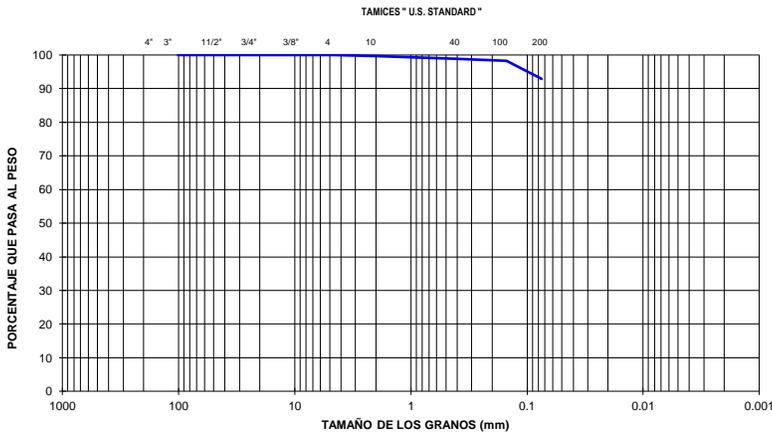
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)	27.7	28.4	25.0
Peso suelo seco + lata (gr)	23.7	24.2	21.4
Peso de lata (gr)	12.1	11.4	10.1
Contenido de humedad, %	34.8	33.3	31.7
Número de golpes, N	18	25	37

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)	17.2	16.8	
Peso suelo seco + lata (gr)	16.1	15.7	
Peso de lata (gr)	11.6	11.5	
Contenido de humedad, %	26.0	25.5	

LIMITE LIQUIDO: 33.3 % LINEA A: 9.709
 LIMITE PLASTICO: 25.7 %
 INDICE DE PLASTICIDAD: 7.6 % $C_{u=D60/D10} > 6$
 CLASIFICACION S.U.C.S.: ML $C_{c=(D30)^2/D10 \times D60}$, entre 1 y 3
 CLASIFICACION A.A.S.T.H.O.:
 % PASA 200 REAL: 92.84 %



OBSERVACIONES GENERALES:

Handwritten signature

INGENIERO DE LABORATORIO

Handwritten signature

VºBº DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA
PROYECTO: MOJANA
LOCALIZACION: MURO ACHI
FECHA: 23/05/15

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
SONDEO: PT-MACH-1
PROFUNDIDAD: 5,90 - 6,40
MUESTRA: 11

GRANULOMETRIA - ASTM D 6913/ NTC 1522

Peso Muestra y Tara		126.4 g		
Peso Tara		0 g		
Tamiz		Peso Retenido	% Retenido	% Pasa
(Nº)	(mm)			
4	101.6			100.00
3	76.1			100.00
2½	64			100.00
2	50.8			100.00
1½	38.1			100.00
1	25			100.00
¾	19			100.00
½	12.7			100.00
¾	9.5			100.00
No 4	4.75			100.00
No 10	2			100.00
No 40	0.425			100.00
No 100	0.15			100.00
No 200	0.075	7.30	5.78	94.22

LIMITES DE ATTERBERG - ASTM D 4318-95/NTC 4630

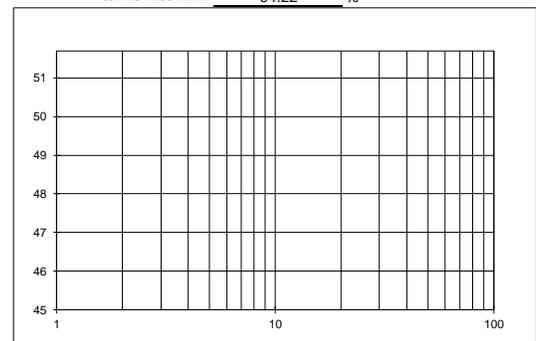
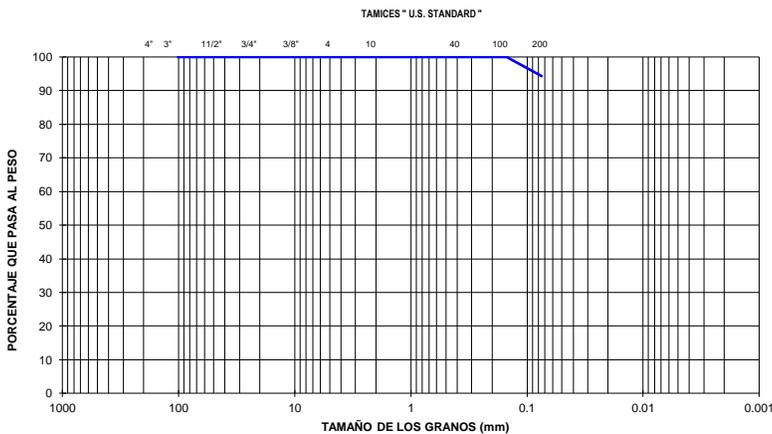
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)			
Peso suelo seco + lata (gr)			
Peso de lata (gr)			
Contenido de humedad, %			
Número de golpes, N			

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)			
Peso suelo seco + lata (gr)			
Peso de lata (gr)			
Contenido de humedad, %			

LIMITE LIQUIDO: _____ % LINEA A: N/A
 LIMITE PLASTICO: _____ %
 INDICE DE PLASTICIDAD: _____ % $C_{u=D60/D10} > 6$
 CLASIFICACION S.U.C.S.: _____
 CLASIFICACION A.A.S.T.H.O.: _____ $C_{C=(D30)^2 / D10 \times D60}$, entre 1 y 3
 % PASA 200 REAL: 94.22 %



OBSERVACIONES GENERALES: _____
 PASA 200 PARA HIDROMETRO _____

Handwritten signature

INGENIERO DE LABORATORIO

Handwritten signature

VºBº DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA
PROYECTO: MOJANA
LOCALIZACION: MURO ACHI
FECHA: 22/05/15

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
SONDEO: PT-MACH-1
PROFUNDIDAD: 8,80 - 9,30
MUESTRA: 16

GRANULOMETRIA - ASTM D 6913/ NTC 1522

Peso Muestra y Tara		178.4 g		
Peso Tara		0 g		
Tamiz		Peso Retenido	% Retenido	% Pasa
(Nº)	(mm)			
4	101.6			100.00
3	76.1			100.00
2½	64			100.00
2	50.8			100.00
1½	38.1			100.00
1	25			100.00
¾	19			100.00
½	12.7			100.00
¾	9.5			100.00
No 4	4.75			100.00
No 10	2			100.00
No 40	0.425	0.80	0.45	99.55
No 100	0.15	0.80	0.45	99.10
No 200	0.075	1.60	0.90	98.21

LIMITES DE ATTERBERG - ASTM D 4318-95/NTC 4630

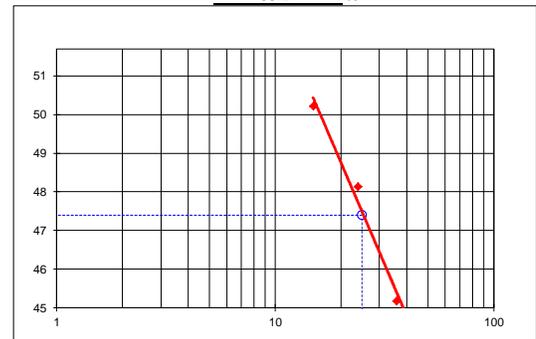
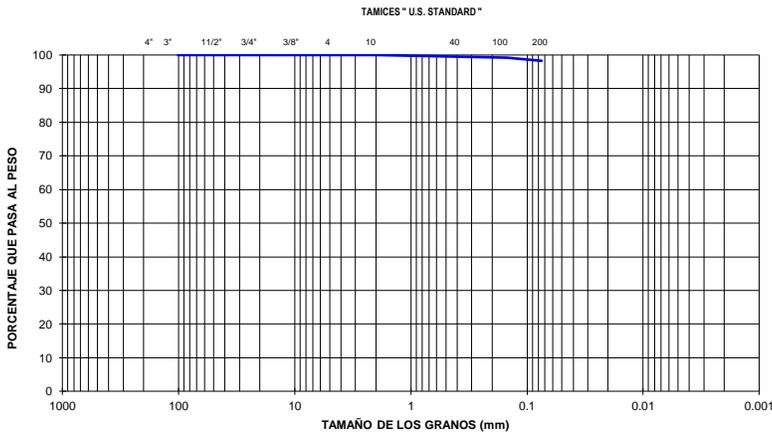
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)	22.4	24.2	25.1
Peso suelo seco + lata (gr)	18.5	20.9	21.2
Peso de lata (gr)	10.6	14.3	12.8
Contenido de humedad, %	50.5	48.4	45.5
Número de golpes, N	15	24	36

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)	20.3	21.9	
Peso suelo seco + lata (gr)	18.1	19.9	
Peso de lata (gr)	11.1	13.3	
Contenido de humedad, %	30.4	30.5	

LIMITE LIQUIDO: 47.7 % LINEA A: 20.221
 LIMITE PLASTICO: 30.5 %
 INDICE DE PLASTICIDAD: 17.2 % $C_{u=D60/D10, >6}$
 CLASIFICACION S.U.C.S.: ML
 CLASIFICACION A.A.S.T.H.O.: $C_{C=(D30)^2 / D10 \times D60, \text{ entre 1 y 3}}$
 % PASA 200 REAL: 98.21 %



OBSERVACIONES GENERALES:

Handwritten signature

INGENIERO DE LABORATORIO

Handwritten signature

VºBº DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA
PROYECTO: MOJANA
LOCALIZACION: MURO ACHI
FECHA: 14/05/15

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
SONDEO: PT-MACH-3
PROFUNDIDAD: 1,00 - 1,50
MUESTRA: 3

GRANULOMETRIA - ASTM D 6913/ NTC 1522

Peso Muestra y Tara		121.2 g		
Peso Tara		0 g		
Tamiz		Peso Retenido	% Retenido	% Pasa
(Nº)	(mm)			
4	101.6			100.00
3	76.1			100.00
2½	64			100.00
2	50.8			100.00
1½	38.1			100.00
1	25			100.00
¾	19			100.00
½	12.7			100.00
¾	9.5			100.00
No 4	4.75			100.00
No 10	2	1.20	0.99	99.01
No 40	0.425	3.40	2.81	96.20
No 100	0.15	4.20	3.47	92.74
No 200	0.075	11.80	9.74	83.00

LIMITES DE ATTERBERG - ASTM D 4318-95/NTC 4630

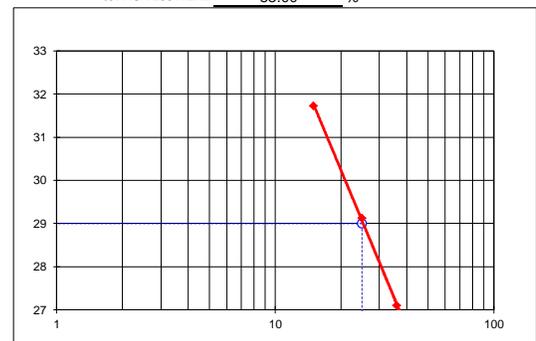
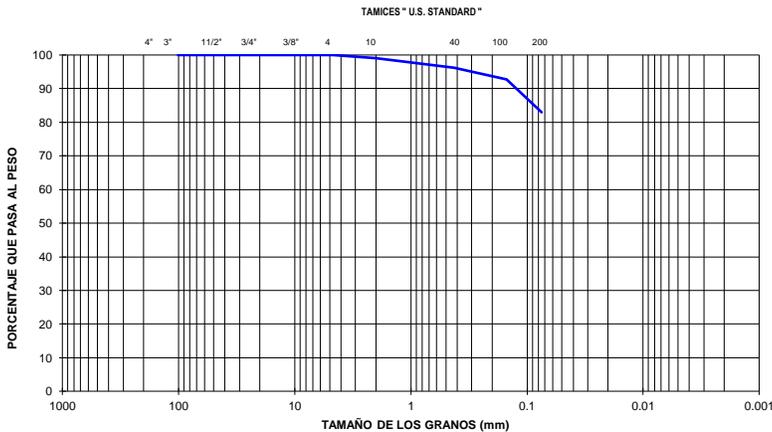
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)	30.2	28.0	27.4
Peso suelo seco + lata (gr)	25.7	24.0	23.9
Peso de lata (gr)	11.4	10.4	11.3
Contenido de humedad, %	31.7	29.1	27.1
Número de golpes, N	15	25	36

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)	21.9	22.3	
Peso suelo seco + lata (gr)	19.8	20.4	
Peso de lata (gr)	11.4	12.8	
Contenido de humedad, %	25.5	25.4	

LIMITE LIQUIDO: 29.0 % LINEA A: 6.57
 LIMITE PLASTICO: 25.5 %
 INDICE DE PLASTICIDAD: 3.5 % $C_u = D_{60}/D_{10} > 6$
 CLASIFICACION S.U.C.S.: ML $C_c = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$, entre 1 y 3
 CLASIFICACION A.A.S.T.H.O.:
 % PASA 200 REAL: 83.00 %



OBSERVACIONES GENERALES:
LIMO CON ARENA

Handwritten signature

INGENIERO DE LABORATORIO

Handwritten signature

VºBº DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA
PROYECTO: MOJANA
LOCALIZACION: MURO ACHI
FECHA: 14/05/15

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
SONDEO: PT-MACH-3
PROFUNDIDAD: 4,20 - 4,70
MUESTRA: 9

GRANULOMETRIA - ASTM D 6913/ NTC 1522

Peso Muestra y Tara		156.8 g		
Peso Tara		0 g		
Tamiz		Peso Retenido	% Retenido	% Pasa
(Nº)	(mm)			
4	101.6			100.00
3	76.1			100.00
2½	64			100.00
2	50.8			100.00
1½	38.1			100.00
1	25			100.00
¾	19			100.00
½	12.7			100.00
¾	9.5			100.00
No 4	4.75			100.00
No 10	2			100.00
No 40	0.425	1.60	1.02	98.98
No 100	0.15	1.80	1.15	97.83
No 200	0.075	1.60	1.02	96.81

LIMITES DE ATTERBERG - ASTM D 4318-95/NTC 4630

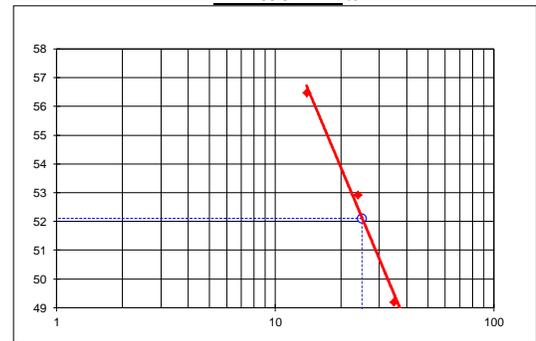
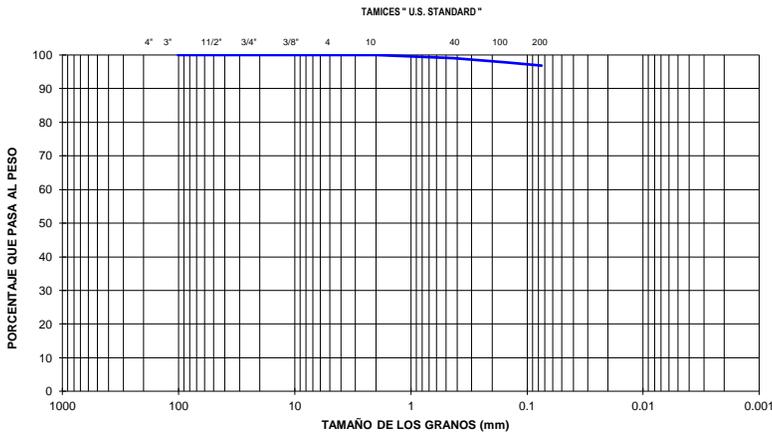
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)	20.7	24.4	25.3
Peso suelo seco + lata (gr)	17.3	19.7	21.7
Peso de lata (gr)	11.4	10.7	14.3
Contenido de humedad, %	56.5	52.9	49.2
Número de golpes, N	14	24	35

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)	20.1	18.7	
Peso suelo seco + lata (gr)	18.0	16.9	
Peso de lata (gr)	11.6	11.1	
Contenido de humedad, %	31.3	31.6	

LIMITE LIQUIDO: 52.1 % LINEA A: 23.433
 LIMITE PLASTICO: 31.4 %
 INDICE DE PLASTICIDAD: 20.7 % $C_{u=D60/D10, >6}$
 CLASIFICACION S.U.C.S.: MH $C_{c=(D30)^2 / D10 \times D60, \text{ entre 1 y 3}}$
 CLASIFICACION A.A.S.T.H.O.:
 % PASA 200 REAL: 96.81 %



OBSERVACIONES GENERALES:

LIMO ELASTICO

Handwritten signature

INGENIERO DE LABORATORIO

Handwritten signature

VºBº DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA
LOCALIZACION: MURO ACHI
FECHA: 14/05/15

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
SONDEO: PT-MACH-3
PROFUNDIDAD: 7,60 - 8,10
MUESTRA: 15

GRANULOMETRIA - ASTM D 6913/ NTC 1522

Peso Muestra y Tara		164.0 g		
Peso Tara		0 g		
Tamiz		Peso Retenido	% Retenido	% Pasa
(Nº)	(mm)			
4	101.6			100.00
3	76.1			100.00
2½	64			100.00
2	50.8			100.00
1½	38.1			100.00
1	25			100.00
¾	19			100.00
½	12.7			100.00
¾	9.5			100.00
No 4	4.75			100.00
No 10	2			100.00
No 40	0.425	1.80	1.10	98.90
No 100	0.15	15.40	9.39	89.51
No 200	0.075	52.00	31.71	57.80

LIMITES DE ATTERBERG - ASTM D 4318-95/NTC 4630

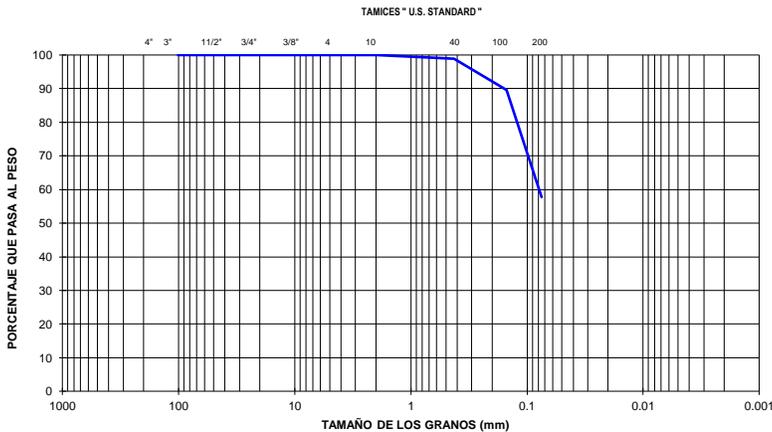
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)	26.7	28.0	25.8
Peso suelo seco + lata (gr)	23.0	24.2	22.8
Peso de lata (gr)	12.1	11.5	11.9
Contenido de humedad, %	33.1	30.0	27.2
Número de golpes, N	16	25	36

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)	19.9	19.9	
Peso suelo seco + lata (gr)	18.3	18.4	
Peso de lata (gr)	10.6	11.5	
Contenido de humedad, %	21.3	21.2	

LIMITE LIQUIDO: 30.0 % LINEA A: 7.3
 LIMITE PLASTICO: 21.3 %
 INDICE DE PLASTICIDAD: 8.7 % $C_{u=D60/D10} > 6$
 CLASIFICACION S.U.C.S.: CL $C_{c=(D30)^2 / D10 \times D60}$, entre 1 y 3
 CLASIFICACION A.A.S.T.H.O.:
 % PASA 200 REAL: 57.80 %



OBSERVACIONES GENERALES:

ARCILLA MAGRA ARENOSA

Handwritten signature

INGENIERO DE LABORATORIO

Handwritten signature

VºBº DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN

EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA

PROYECTO: MOJANA

LOCALIZACION: MURO ACHI

FECHA: 25/06/15

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15

SONDEO: AP-1

PROFUNDIDAD: 0,00 - 0,50

MUESTRA: 1

GRANULOMETRIA - ASTM D 6913/ NTC 1522

Peso Muestra y Tara		172.7 g		
Peso Tara		0 g		
Tamiz		Peso Retenido	% Retenido	% Pasa
(Nº)	(mm)			
4	101.6			100.00
3	76.1			100.00
2½	64			100.00
2	50.8			100.00
1½	38.1			100.00
1	25			100.00
¾	19			100.00
½	12.7			100.00
⅜	9.5			100.00
No 4	4.75	7.30	4.23	95.77
No 10	2	3.70	2.14	93.63
No 40	0.425	23.50	13.61	80.02
No 100	0.15	18.20	10.54	69.48
No 200	0.075	23.80	13.78	55.70

LIMITES DE ATTERBERG - ASTM D 4318-95/NTC 4630

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)			
Peso suelo seco + lata (gr)			
Peso de lata (gr)			
Contenido de humedad, %			
Número de golpes, N			

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)			
Peso suelo seco + lata (gr)			
Peso de lata (gr)			
Contenido de humedad, %			

LIMITE LIQUIDO: NL %

LINEA A: N/A

LIMITE PLASTICO: NP %

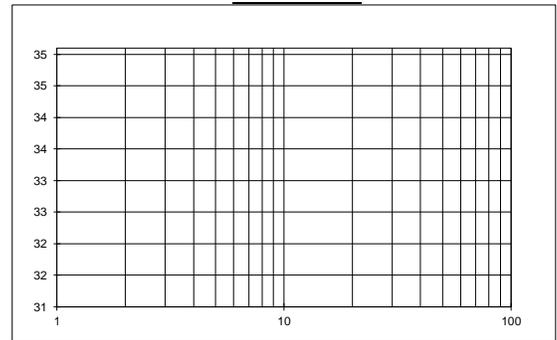
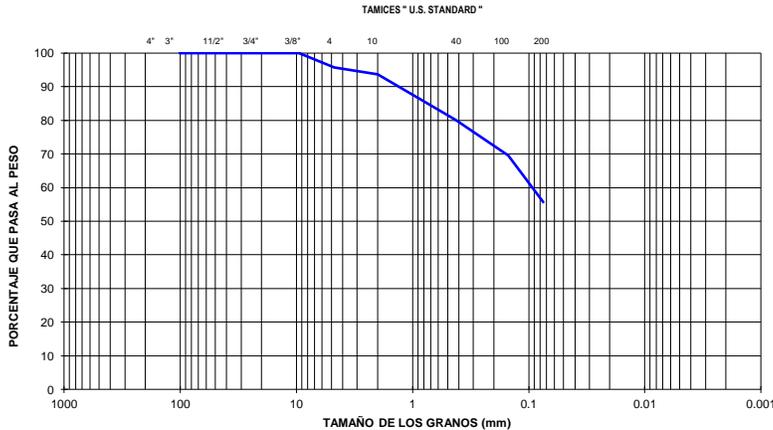
INDICE DE PLASTICIDAD: NL-NP %

$C_u = D_{60}/D_{10} > 6$

CLASIFICACION S.U.C.S.: ML

$C_c = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$, entre 1 y 3

CLASIFICACION A.A.S.T.H.O.: % PASA 200 REAL 55.70 %



OBSERVACIONES GENERALES:

Handwritten signature

INGENIERO DE LABORATORIO

Handwritten signature

VºBº. DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN

EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA

PROYECTO: MOJANA

LOCALIZACION: MURO ACHI

FECHA: 25/06/15

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15

SONDEO: AP-2

PROFUNDIDAD: 0,00 - 0,50

MUESTRA: 1

GRANULOMETRIA - ASTM D 6913/ NTC 1522

Peso Muestra y Tara		179.3 g		
Peso Tara		0 g		
Tamiz		Peso Retenido	% Retenido	% Pasa
(Nº)	(mm)			
4	101.6			100.00
3	76.1			100.00
2½	64			100.00
2	50.8			100.00
1½	38.1			100.00
1	25			100.00
¾	19			100.00
½	12.7			100.00
3/8	9.5			100.00
No 4	4.75			100.00
No 10	2			100.00
No 40	0.425	2.90	1.62	98.38
No 100	0.15	4.80	2.68	95.71
No 200	0.075	28.50	15.90	79.81

LIMITES DE ATTERBERG - ASTM D 4318-95/NTC 4630

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)			
Peso suelo seco + lata (gr)			
Peso de lata (gr)			
Contenido de humedad, %			
Número de golpes, N			

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)			
Peso suelo seco + lata (gr)			
Peso de lata (gr)			
Contenido de humedad, %			

LIMITE LIQUIDO: NL %

LINEA A: N/A

LIMITE PLASTICO: NP %

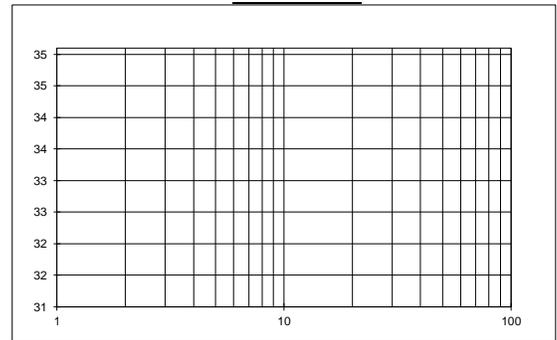
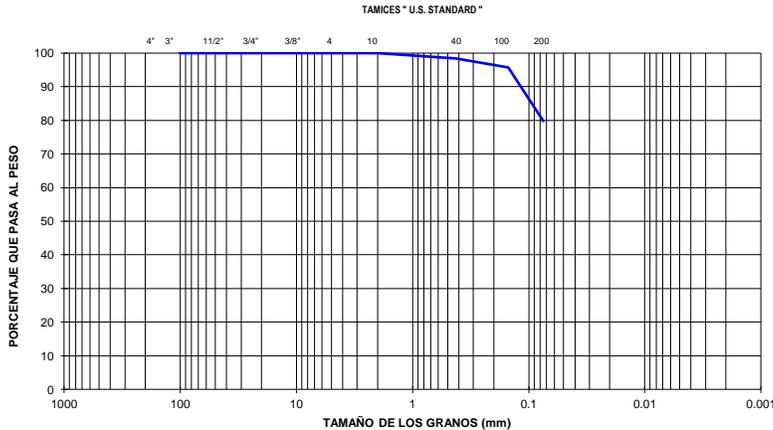
INDICE DE PLASTICIDAD: NL-NP %

$C_u = D_{60}/D_{10} > 6$

CLASIFICACION S.U.C.S.: ML

$C_c = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$, entre 1 y 3

CLASIFICACION A.A.S.T.H.O.: % PASA 200 REAL 79.81 %



OBSERVACIONES GENERALES:

Handwritten signature

INGENIERO DE LABORATORIO

Handwritten signature

VºBº. DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN

EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA

PROYECTO: MURO ACHI

LOCALIZACION: MURO ACHI

FECHA: 25/06/15

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15

SONDEO: AP-3

PROFUNDIDAD: 0,00 - 0,50

MUESTRA: 1

GRANULOMETRIA - ASTM D 6913/ NTC 1522

Peso Muestra y Tara		182.4 g		
Peso Tara		0 g		
Tamiz		Peso Retenido	% Retenido	% Pasa
(Nº)	(mm)			
4	101.6			100.00
3	76.1			100.00
2½	64			100.00
2	50.8			100.00
1½	38.1			100.00
1	25			100.00
¾	19			100.00
½	12.7			100.00
3/8	9.5			100.00
No 4	4.75			100.00
No 10	2			100.00
No 40	0.425	4.00	2.19	97.81
No 100	0.15	5.90	3.23	94.57
No 200	0.075	30.60	16.78	77.80

LIMITES DE ATTERBERG - ASTM D 4318-95/NTC 4630

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)			
Peso suelo seco + lata (gr)			
Peso de lata (gr)			
Contenido de humedad, %			
Número de golpes, N			

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)			
Peso suelo seco + lata (gr)			
Peso de lata (gr)			
Contenido de humedad, %			

LIMITE LIQUIDO: NL %

LINEA A: N/A

LIMITE PLASTICO: NP %

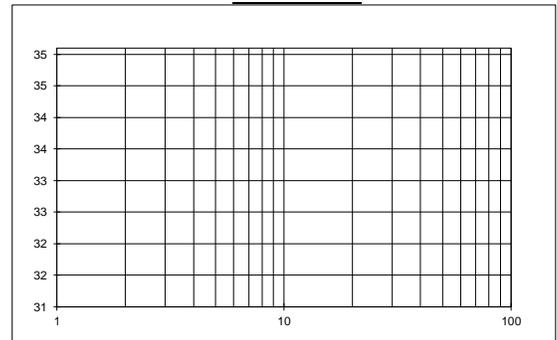
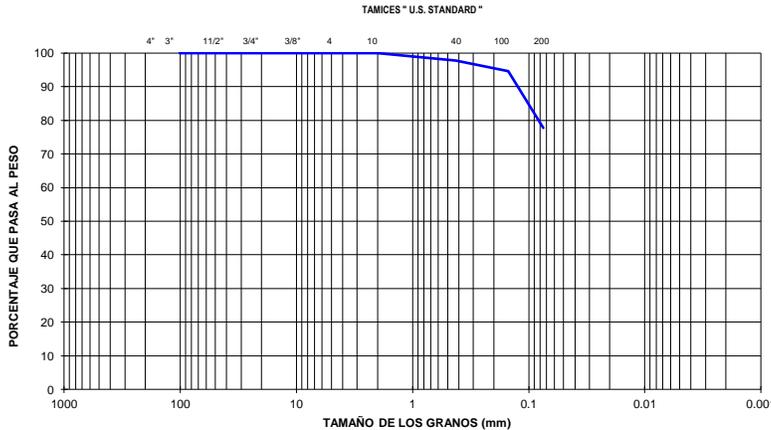
INDICE DE PLASTICIDAD: NL-NP %

$C_u = D_{60}/D_{10} > 6$

CLASIFICACION S.U.C.S.: ML

$C_c = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$, entre 1 y 3

CLASIFICACION A.A.S.T.H.O.: % PASA 200 REAL 77.80 %



OBSERVACIONES GENERALES:

Handwritten signature

INGENIERO DE LABORATORIO

Handwritten signature

VºBº. DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN

EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA

PROYECTO: MURO ACHI

LOCALIZACION: MURO ACHI

FECHA: 25/06/15

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15

SONDEO: AP-4

PROFUNDIDAD: 0,00 - 0,50

MUESTRA: 1

GRANULOMETRIA - ASTM D 6913/ NTC 1522

Peso Muestra y Tara		155.4 g		
Peso Tara		0 g		
Tamiz		Peso Retenido	% Retenido	% Pasa
(Nº)	(mm)			
4	101.6			100.00
3	76.1			100.00
2½	64			100.00
2	50.8			100.00
1½	38.1			100.00
1	25			100.00
¾	19			100.00
½	12.7			100.00
¾	9.5			100.00
No 4	4.75			100.00
No 10	2			100.00
No 40	0.425	1.90	1.22	98.78
No 100	0.15	1.30	0.84	97.94
No 200	0.075	5.50	3.54	94.40

LIMITES DE ATTERBERG - ASTM D 4318-95/NTC 4630

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)	30.0	25.1	24.2
Peso suelo seco + lata (gr)	25.2	21.4	20.5
Peso de lata (gr)	11.0	9.7	8.1
Contenido de humedad, %	33.8	31.6	29.8
Número de golpes, N	16	23	36

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)	16.5	17.4	
Peso suelo seco + lata (gr)	14.0	14.9	
Peso de lata (gr)	3.6	4.9	
Contenido de humedad, %	24.0	25.0	

LIMITE LIQUIDO: 31.6 % LINEA A: 8.468

LIMITE PLASTICO: 24.5 %

INDICE DE PLASTICIDAD: 7.1 %

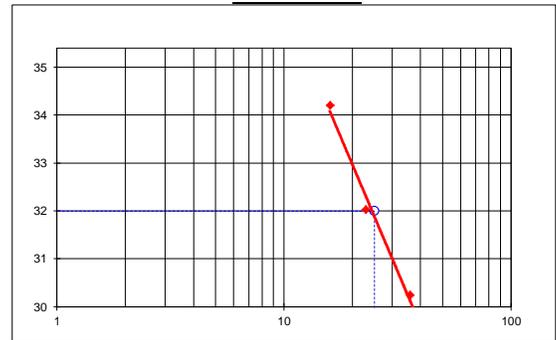
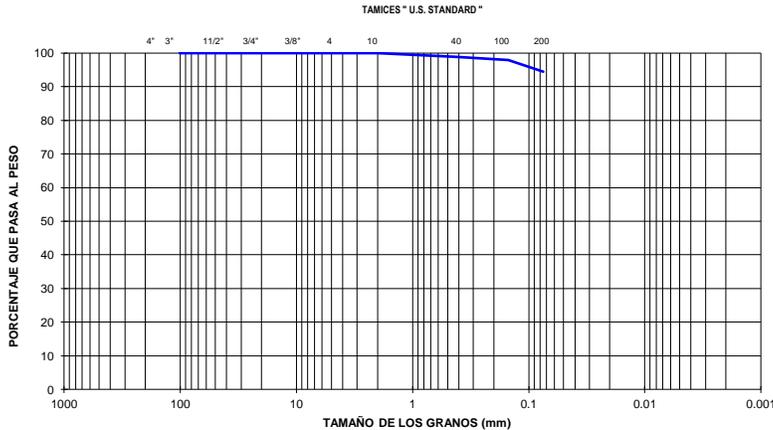
CLASIFICACION S.U.C.S.: ML

CLASIFICACION A.A.S.T.H.O.:

% PASA 200 REAL: 94.40 %

$C_u = D_{60}/D_{10} > 6$

$C_c = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$, entre 1 y 3



OBSERVACIONES GENERALES:

Handwritten signature

INGENIERO DE LABORATORIO

Handwritten signature

VºBº. DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15

PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN
REGION DE LA MOJANA

REFERENCIA:

LOCALIZACION: MURO ACHI

FECHA DE ENSAYO: 23/05/15

Sondeo: PT-MACH-1 Muestra: 11 Profundidad: 5.90 - 6.40

ENSAYO N°	UNIDAD	1	2
Peso Pic. + Agua + Suelo = Wbws	g	732.80	
Temperatura	°C	28.0	
Peso Pic. + Agua = Wbw	g	669.90	
Peso Suelo Seco + Tara = T + SS	g	159.00	
Peso Tara = T	g	61.50	
Peso Suelo Seco = Ws	g	97.50	
Peso Agua ; Ww=Ws+Wbw-Wbws	g	34.60	
Gs = Ws/Ww ($\alpha=1.0$)	-	2.81	
Gravedad específica promedio	-	2.81	

Sondeo: Muestra: Profundidad:

ENSAYO N°	UNIDAD	1	2
Peso Pic. + Agua + Suelo = Wbws	g		
Temperatura	°C		
Peso Pic. + Agua = Wbw	g		
Peso Suelo Seco + Tara = T + SS	g		
Peso Tara = T	g		
Peso Suelo Seco = Ws	g		
Peso Agua ; Ww=Ws+Wbw-Wbws	g		
Gs = Ws/Ww ($\alpha=1.0$)	-		
Gravedad específica promedio	-		

Sondeo: Muestra: Profundidad:

ENSAYO N°	UNIDAD	1	2
Peso Pic. + Agua + Suelo = Wbws	g		
Temperatura	°C		
Peso Pic. + Agua = Wbw	g		
Peso Suelo Seco + Tara = T + SS	g		
Peso Tara = T	g		
Peso Suelo Seco = Ws	g		
Peso Agua ; Ww=Ws+Wbw-Wbws	g		
Gs = Ws/Ww ($\alpha=1.0$)	-		
Gravedad específica promedio	-		

Sanjoto
INGENIERO DE LABORATORIO

[Firma]
VºBº DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
 PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA
 LOCALIZACION: MURO ACHI

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
 REFERENCIA: _____
 FECHA DE ENSAYO: 15/05/15

Sondeo: PT-MACH-3 Muestra: 3 Profundidad: 1,00 - 1,50

ENSAYO N°	UNIDAD	1	2
Peso Pic. + Agua + Suelo = Wbws	g	733.80	
Temperatura	°C	28.0	
Peso Pic. + Agua = Wbw	g	670.30	
Peso Suelo Seco + Tara = T + SS	g	182.00	
Peso Tara = T	g	82.40	
Peso Suelo Seco = Ws	g	99.60	
Peso Agua ; Ww=Ws+Wbw-Wbws	g	36.10	
Gs = Ws/Ww ($\alpha=1.0$)	-	2.75	
Gravedad específica promedio	-	2.75	

Sondeo: PT-MACH-3 Muestra: 13 Profundidad: 6,40 - 7,10

ENSAYO N°	UNIDAD	1	2
Peso Pic. + Agua + Suelo = Wbws	g	734.20	
Temperatura	°C	27.0	
Peso Pic. + Agua = Wbw	g	669.90	
Peso Suelo Seco + Tara = T + SS	g	188.10	
Peso Tara = T	g	87.70	
Peso Suelo Seco = Ws	g	100.30	
Peso Agua ; Ww=Ws+Wbw-Wbws	g	36.00	
Gs = Ws/Ww ($\alpha=1.0$)	-	2.78	
Gravedad específica promedio	-	2.78	

Sondeo: _____ Muestra: _____ Profundidad: _____

ENSAYO N°	UNIDAD	1	2
Peso Pic. + Agua + Suelo = Wbws	g		
Temperatura	°C		
Peso Pic. + Agua = Wbw	g		
Peso Suelo Seco + Tara = T + SS	g		
Peso Tara = T	g		
Peso Suelo Seco = Ws	g		
Peso Agua ; Ww=Ws+Wbw-Wbws	g		
Gs = Ws/Ww ($\alpha=1.0$)	-		
Gravedad específica promedio			

[Firma]
INGENIERO DE LABORATORIO

[Firma]
VºBº DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
 PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA
 LOCALIZACION: MURO ACHI
 FECHA: may-15

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
 SONDEO: PT-MACH-1
 PROFUNDIDAD: 5,90 - 6,40
 MUESTRA: 11

GRANULOMETRIA - ASTM D 6913/ NTC 1522

Peso Muestra y Tara		126.4 g		
Peso Tara		0 g		
Tamiz		Peso Retenido	% Retenido	% Pasa
(Nº)	(mm)			
4	101.6			100.00
3	76.1			100.00
2½	64			100.00
2	50.8			100.00
1½	38.1			100.00
1	25			100.00
¾	19			100.00
½	12.7			100.00
3/8	9.5			100.00
No 4	4.75			100.00
No 10	2			100.00
No 40	0.425			100.00
No 100	0.15			100.00
No 200	0.075	7.30	5.78	94.22

LIMITES DE ATTERBERG - ASTM D 4318-95/NTC 4630

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

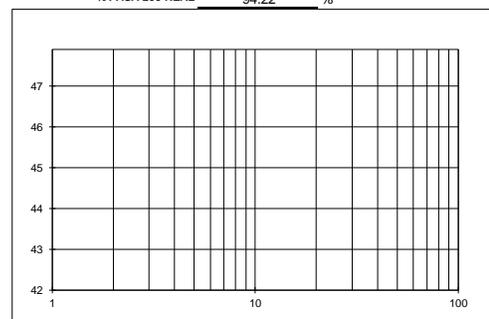
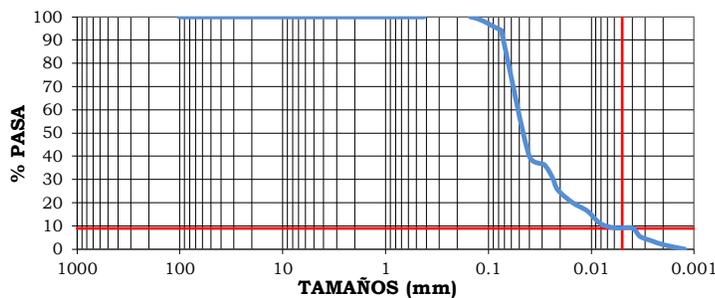
ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)			
Peso suelo seco + lata (gr)			
Peso de lata (gr)			
Contenido de humedad, %			
Número de golpes, N			

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)			
Peso suelo seco + lata (gr)			
Peso de lata (gr)			
Contenido de humedad, %			

LIMITE LIQUIDO: _____ % LINEA A: N/A
 LIMITE PLASTICO: _____ %
 INDICE DE PLASTICIDAD: _____ % $C_u = D_{60}/D_{10} > 6$
 CLASIFICACION S.U.C.S.: _____ $C_c = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$, entre 1 y 3
 CLASIFICACION A.A.S.T.H.O.: _____
 % PASA 200 REAL: 94.22 %

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES GENERALES:

SIN SOLUCION

DISPERSION =31,78 % INTERMEDIO

Henry Portino Ordoñez

INGENIERO DE LABORATORIO

[Signature]

VºBº. DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
 PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA
 LOCALIZACION: MURO ACHI
 FECHA: may-15

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
 SONDEO: PT-MACH-1
 PROFUNDIDAD: 5,90 - 6,40
 MUESTRA: 11

Peso suelo seco : 50.00 g
 Gravedad específica: 2.81
 Temperatura : 28
 % Pasa tamiz 200 : 94.22 %

Corrección de cero (C₀): 6.50
 Corrección de menisco : 1.00
 Corrección para Gs: 0.97
 Valor de K: 0.01164

Tiempo	Lectura Real	Rc	% EN SUSPENSION	Lectura Correg. Menisco	L (cm)	L/t (cm/min)	Diámetro (mm)	% MAS FINO
							0.075	94.22
1	26	22.00	42.54	27.00	11.9	11.87	0.0401	40.08
2	24	20.00	38.67	25.00	12.2	6.10	0.0288	36.44
3	21	17.00	32.87	22.00	12.7	4.23	0.0239	30.97
4	18	14.00	27.07	19.00	13.2	3.30	0.0211	25.51
8	15	11.00	21.27	16.00	13.7	1.71	0.0152	20.04
16	13	9.00	17.40	14.00	14.0	0.88	0.0109	16.40
30	10	6.00	11.60	11.00	14.5	0.48	0.0081	10.93
60	9	5.00	9.67	10.00	14.7	0.24	0.0058	9.11
125	9	5.00	9.67	10.00	14.7	0.12	0.0040	9.11
180	7	3.00	5.80	8.00	15.0	0.08	0.0034	5.47
300	6	2.00	3.87	7.00	15.1	0.05	0.0026	3.64
540	5	1.00	1.93	6.00	15.3	0.03	0.0020	1.82
1380	4	0.00	0.00	5.00	15.5	0.01	0.0012	0.00

OBSERVACIONES GENERALES:

Hay Porfirio Diaz

INGENIERO DE LABORATORIO

[Signature]

VºBº. DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
 PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA
 LOCALIZACION: MURO ACHI
 FECHA: may-15

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
 SONDEO: PT-MACH-1
 PROFUNDIDAD: 5,90 - 6,40
 MUESTRA: 11

GRANULOMETRIA - ASTM D 6913/ NTC 1522

Peso Muestra y Tara		126.4 g		
Peso Tara		0 g		
Tamiz		Peso Retenido	% Retenido	% Pasa
(Nº)	(mm)			
4	101.6			100.00
3	76.1			100.00
2½	64			100.00
2	50.8			100.00
1½	38.1			100.00
1	25			100.00
¾	19			100.00
½	12.7			100.00
3/8	9.5			100.00
No 4	4.75			100.00
No 10	2			100.00
No 40	0.425			100.00
No 100	0.15			100.00
No 200	0.075	7.30	5.78	94.22

LIMITES DE ATTERBERG - ASTM D 4318-95/NTC 4630

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

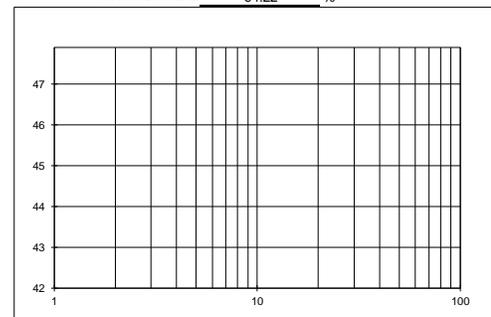
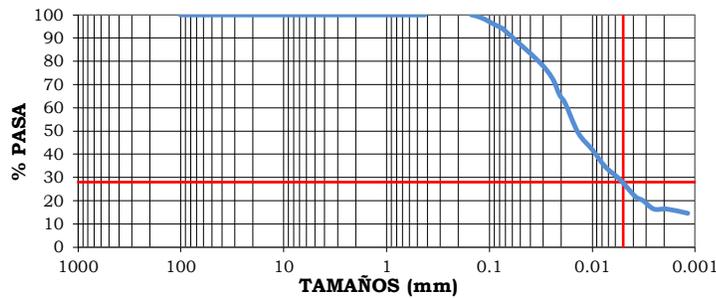
ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)			
Peso suelo seco + lata (gr)			
Peso de lata (gr)			
Contenido de humedad, %			
Número de golpes, N			

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata (gr)			
Peso suelo seco + lata (gr)			
Peso de lata (gr)			
Contenido de humedad, %			

LIMITE LIQUIDO: _____ % LINEA A: N/A
 LIMITE PLASTICO: _____ %
 INDICE DE PLASTICIDAD: _____ % $C_u = D_{60}/D_{10} > 6$
 CLASIFICACION S.U.C.S.: _____ $C_c = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$, entre 1 y 3
 CLASIFICACION A.A.S.T.H.O.: _____
 % PASA 200 REAL: 94.22 %

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES GENERALES:

CON SOLUCION.
 DISPERSION =31,78 % INTERMEDIO

Handwritten signature

INGENIERO DE LABORATORIO

Handwritten signature

VºBº. DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
 PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA
 LOCALIZACION: MURO ACHI
 FECHA: may-15

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
 SONDEO: PT-MACH-1
 PROFUNDIDAD: 5,90 - 6,40
 MUESTRA: 11

Peso suelo seco : 50.00 g
 Gravedad específica: 2.81
 Temperatura : 28
 % Pasa tamiz 200 : 94.22 %

Corrección de cero (C₀): 6.50
 Corrección de menisco : 1.00
 Corrección para Gs: 0.97
 Valor de K: 0.01164

Tiempo	Lectura Real	Rc	% EN SUSPENSION	Lectura Correg. Menisco	L (cm)	L/t (cm/min)	Diámetro (mm)	% MAS FINO
							0.075	94.22
1	48	44.00	85.08	49.00	8.3	8.27	0.0335	80.17
2	44	40.00	77.34	45.00	8.9	4.46	0.0246	72.88
3	40	36.00	69.61	41.00	9.6	3.19	0.0208	65.59
4	38	34.00	65.74	39.00	9.9	2.48	0.0183	61.95
8	31	27.00	52.21	32.00	11.1	1.38	0.0137	49.19
16	27	23.00	44.47	28.00	11.7	0.73	0.0100	41.90
30	23	19.00	36.74	24.00	12.4	0.41	0.0075	34.62
60	20	16.00	30.94	21.00	12.9	0.21	0.0054	29.15
125	16	12.00	23.20	17.00	13.5	0.11	0.0038	21.86
180	15	11.00	21.27	16.00	13.7	0.08	0.0032	20.04
300	13	9.00	17.40	14.00	14.0	0.05	0.0025	16.40
540	13	9.00	17.40	14.00	14.0	0.03	0.0019	16.40
1380	12	8.00	15.47	13.00	14.2	0.01	0.0012	14.58

OBSERVACIONES GENERALES:

Henry Portino Diaz

INGENIERO DE LABORATORIO

[Signature]

VºBº. DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN	ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
PROYECTO: OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA	SONDEO: PT-MACH-1
LOCALIZACIÓN: MURO ACHI	PROFUNDIDAD: 3.50 - 4.20
FECHA: 22/05/2015	MUESTRA: 8

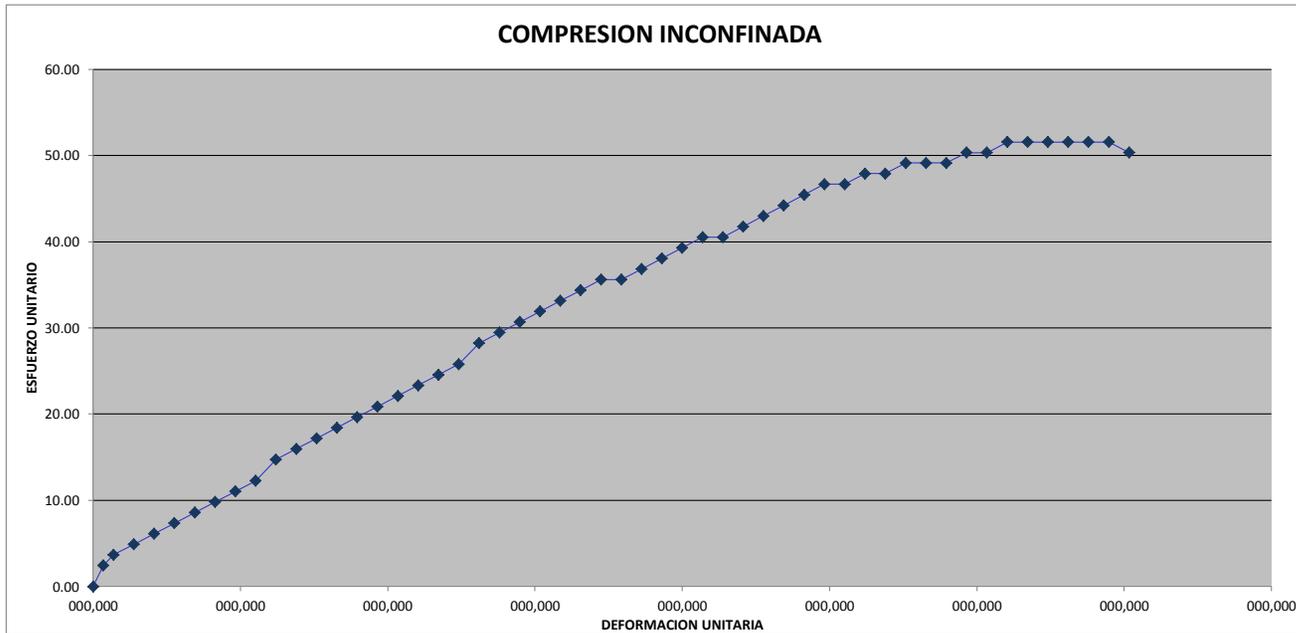
DIMENSIONES DE LA MUESTRA:	DIAMETRO (D): 7.20 cm	ALTURA (H): 14.50 cm
	ÁREA (A ₀): 40.72 cm ²	VOLUMEN (V): 580.37 cm ³
	DENSIDAD HUMEDA: 1.80 g/cm ³	DENSIDAD SECA: 1.28 g/cm ³

A= Peso (Recipiente + Suelo Humedo):	g	1116.5
B= Peso (Recipiente + Suelo Seco):	g	811.3
C= Peso (Recipiente):	g	53.0
D= Peso (Suelo Seco)= B - C	g	758.3
E= Peso (Agua)= A - B	g	305.2
F= Humedad = E / D	%	0.40

Fuerza en KN	Lectura del deformímetro (mm)	Deformación Unitaria (mm)	1-e	Area corregida (cm ²)	Esfuerzo (kPa)
0.00	0.00	0.00000	1.000	40.72	0.00
0.01	0.10	0.00069	0.999	40.74	2.46
0.02	0.20	0.00138	0.999	40.77	3.68
0.02	0.40	0.00276	0.997	40.83	4.91
0.03	0.60	0.00414	0.996	40.88	6.14
0.03	0.80	0.00552	0.994	40.94	7.37
0.04	1.00	0.00690	0.993	41.00	8.60
0.04	1.20	0.00828	0.992	41.05	9.82
0.05	1.40	0.00966	0.990	41.11	11.05
0.05	1.60	0.01103	0.989	41.17	12.28
0.06	1.80	0.01241	0.988	41.23	14.74
0.07	2.00	0.01379	0.986	41.28	15.96
0.07	2.20	0.01517	0.985	41.34	17.19
0.08	2.40	0.01655	0.983	41.40	18.42
0.08	2.60	0.01793	0.982	41.46	19.65
0.09	2.80	0.01931	0.981	41.52	20.88
0.09	3.00	0.02069	0.979	41.58	22.10
0.10	3.20	0.02207	0.978	41.63	23.33
0.10	3.40	0.02345	0.977	41.69	24.56
0.11	3.60	0.02483	0.975	41.75	25.79
0.12	3.80	0.02621	0.974	41.81	28.25
0.12	4.00	0.02759	0.972	41.87	29.47
0.13	4.20	0.02897	0.971	41.93	30.70
0.13	4.40	0.03034	0.970	41.99	31.93
0.14	4.60	0.03172	0.968	42.05	33.16
0.14	4.80	0.03310	0.967	42.11	34.39
0.15	5.00	0.03448	0.966	42.17	35.61
0.15	5.20	0.03586	0.964	42.23	35.61
0.15	5.40	0.03724	0.963	42.29	36.84
0.16	5.60	0.03862	0.961	42.35	38.07
0.16	5.80	0.04000	0.960	42.41	39.30
0.17	6.00	0.04138	0.959	42.47	40.53
0.17	6.20	0.04276	0.957	42.53	40.53
0.17	6.40	0.04414	0.956	42.60	41.75
0.18	6.60	0.04552	0.954	42.66	42.98
0.18	6.80	0.04690	0.953	42.72	44.21
0.19	7.00	0.04828	0.952	42.78	45.44
0.19	7.20	0.04966	0.950	42.84	46.67
0.19	7.40	0.05103	0.949	42.90	46.67
0.20	7.60	0.05241	0.948	42.97	47.89
0.20	7.80	0.05379	0.946	43.03	47.89
0.20	8.00	0.05517	0.945	43.09	49.12
0.20	8.20	0.05655	0.943	43.16	49.12
0.20	8.40	0.05793	0.942	43.22	49.12
0.21	8.60	0.05931	0.941	43.28	50.35
0.21	8.80	0.06069	0.939	43.35	50.35
0.21	9.00	0.06207	0.938	43.41	51.58
0.21	9.20	0.06345	0.937	43.47	51.58
0.21	9.40	0.06483	0.935	43.54	51.58
0.21	9.60	0.06621	0.934	43.60	51.58
0.21	9.80	0.06759	0.932	43.67	51.58
0.21	10.00	0.06897	0.931	43.73	51.58
0.21	10.20	0.07034	0.930	43.80	50.35

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA
LOCALIZACIÓN: MURO ACHI
FECHA: 22/05/2015

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
SONDEO: PT-MACH-1
PROFUNDIDAD: 3,50 - 4,20
MUESTRA: 8



RESISTENCIA A LA COMP. INCONFINADA $q_u =$ 51.58 kPa COHESIÓN = 25.79 kPa

CONSISTENCIA DEL SUELO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA	
	kg/cm ²	kPa
MUY BLANDA	< 0,25	< 25
BLANDA	0,25 - 0,50	25 - 50
MEDIANA	0,50 - 1,00	50 - 100
FIRME	1,00 - 2,00	100 - 200
MUY FIRME	2,00 - 4,00	200 - 400
DURA	> 4,00	> 400

 SUELOS INGENIERIA S.A.S Estudios, diseños y construcciones en geotecnia	COMPRESION INCONFINADA	CÓDIGO: LAB-R-12
	ASTM D 2166-91 / NTC 1527 / I.N.V.E. - 152	VERSIÓN: 6
		FECHA: ABRIL 02 DE 2014

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
 OBRAS DE PROTECCIÓN REGION
 DE LA MOJANA
 LOCALIZACIÓN: MURO ACHI
 FECHA: 12/05/2015

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
 SONDEO: PT-MACH-3
 PROFUNDIDAD: 4,70 - 5,40
 MUESTRA: 10

DIMENSIONES DE LA MUESTRA: DIAMETRO (D): 6.90 cm ALTURA (H): 13.90 cm
 AREA (Aa): 37.39 cm² VOLUMEN (Vi): 519.76 cm³
 DENSIDAD HUMEDA: 2.07 g/cm³ DENSIDAD SECA: 1.62 g/cm³

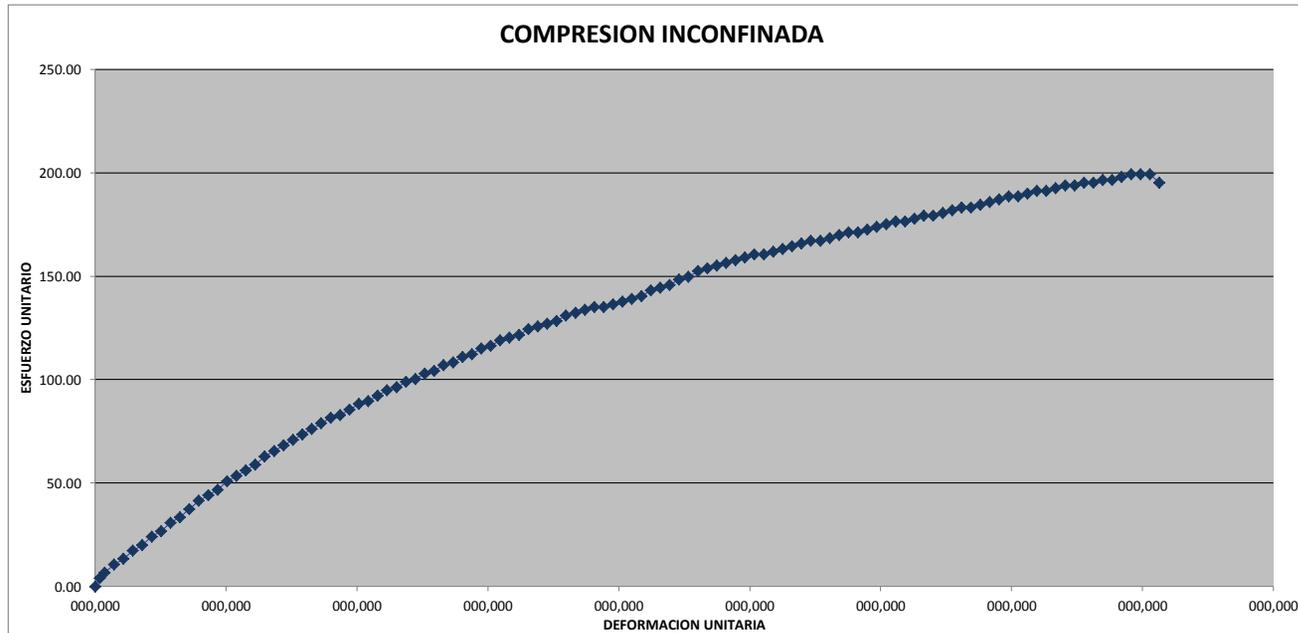
A= Peso (Recipiente + Suelo Humedo) :	g	1127.7
B= Peso (Recipiente + Suelo Seco) :	g	896.7
C= Peso (Recipiente) :	g	54.0
D= Peso (Suelo Seco)= B - C	g	842.7
E= Peso (Agua) : A - B	g	231.0
F= Humedad = E / D	%	0.27

Fuerza en KN	Lectura del deformimetro (mm)	Deformacion Unitaria (mm)	1-e	Area corregida (cm ²)	Esfuerzo (kPa)
0.00	0.00	0.00000	1.000	37.39	0.00
0.02	0.10	0.00072	0.999	37.42	4.01
0.03	0.20	0.00144	0.999	37.45	6.69
0.04	0.40	0.00288	0.997	37.50	10.70
0.05	0.60	0.00432	0.996	37.55	13.37
0.07	0.80	0.00576	0.994	37.61	17.38
0.08	1.00	0.00719	0.993	37.66	20.06
0.09	1.20	0.00863	0.991	37.72	24.07
0.10	1.40	0.01007	0.990	37.77	26.74
0.12	1.60	0.01151	0.988	37.83	30.75
0.13	1.80	0.01295	0.987	37.88	33.43
0.14	2.00	0.01439	0.986	37.94	37.44
0.16	2.20	0.01583	0.984	37.99	41.45
0.17	2.40	0.01727	0.983	38.05	44.13
0.18	2.60	0.01871	0.981	38.11	46.80
0.19	2.80	0.02014	0.980	38.16	50.81
0.20	3.00	0.02158	0.978	38.22	53.49
0.21	3.20	0.02302	0.977	38.27	56.16
0.22	3.40	0.02446	0.976	38.33	58.83
0.24	3.60	0.02590	0.974	38.39	62.85
0.25	3.80	0.02734	0.973	38.44	65.52
0.26	4.00	0.02878	0.971	38.50	68.19
0.27	4.20	0.03022	0.970	38.56	70.87
0.28	4.40	0.03165	0.968	38.62	73.54
0.29	4.60	0.03309	0.967	38.67	76.22
0.30	4.80	0.03453	0.965	38.73	78.89
0.31	5.00	0.03597	0.964	38.79	81.57
0.31	5.20	0.03741	0.963	38.85	82.90
0.32	5.40	0.03885	0.961	38.90	85.58
0.33	5.60	0.04029	0.960	38.96	88.25
0.34	5.80	0.04173	0.958	39.02	89.59
0.35	6.00	0.04317	0.957	39.08	92.26
0.36	6.20	0.04460	0.955	39.14	94.94
0.36	6.40	0.04604	0.954	39.20	96.28
0.37	6.60	0.04748	0.953	39.26	98.95
0.38	6.80	0.04892	0.951	39.32	100.29
0.39	7.00	0.05036	0.950	39.38	102.96
0.39	7.20	0.05180	0.948	39.44	104.30
0.40	7.40	0.05324	0.947	39.50	106.97
0.41	7.60	0.05468	0.945	39.56	108.31
0.42	7.80	0.05612	0.944	39.62	110.98
0.42	8.00	0.05755	0.942	39.68	112.32
0.43	8.20	0.05899	0.941	39.74	115.00
0.44	8.40	0.06043	0.940	39.80	116.33
0.45	8.60	0.06187	0.938	39.86	119.01
0.45	8.80	0.06331	0.937	39.92	120.34
0.46	9.00	0.06475	0.935	39.98	121.68
0.47	9.20	0.06619	0.934	40.04	124.36

0.47	9.40	0.06763	0.932	40.10	125.69
0.48	9.60	0.06906	0.931	40.17	127.03
0.48	9.80	0.07050	0.929	40.23	128.37
0.49	10.00	0.07194	0.928	40.29	131.04
0.50	10.20	0.07338	0.927	40.35	132.38
0.50	10.40	0.07482	0.925	40.42	133.72
0.51	10.60	0.07626	0.924	40.48	135.05
0.51	10.80	0.07770	0.922	40.54	135.05
0.51	11.00	0.07914	0.921	40.61	136.39
0.52	11.20	0.08058	0.919	40.67	137.73
0.52	11.40	0.08201	0.918	40.73	139.06
0.53	11.60	0.08345	0.917	40.80	140.40
0.54	11.80	0.08489	0.915	40.86	143.08
0.54	12.00	0.08633	0.914	40.93	144.41
0.55	12.20	0.08777	0.912	40.99	145.75
0.56	12.40	0.08921	0.911	41.06	148.42
0.56	12.60	0.09065	0.909	41.12	149.76
0.57	12.80	0.09209	0.908	41.19	152.44
0.58	13.00	0.09353	0.906	41.25	153.77
0.58	13.20	0.09496	0.905	41.32	155.11
0.59	13.40	0.09640	0.904	41.38	156.45
0.59	13.60	0.09784	0.902	41.45	157.78
0.60	13.80	0.09928	0.901	41.51	159.12
0.60	14.00	0.10072	0.899	41.58	160.46
0.60	14.20	0.10216	0.898	41.65	160.46
0.61	14.40	0.10360	0.896	41.71	161.80
0.61	14.60	0.10504	0.895	41.78	163.13
0.62	14.80	0.10647	0.894	41.85	164.47
0.62	15.00	0.10791	0.892	41.92	165.81
0.63	15.20	0.10935	0.891	41.98	167.14
0.63	15.40	0.11079	0.889	42.05	167.14
0.63	15.60	0.11223	0.888	42.12	168.48
0.64	15.80	0.11367	0.886	42.19	169.82
0.64	16.00	0.11511	0.885	42.26	171.16
0.64	16.20	0.11655	0.883	42.33	171.16
0.65	16.40	0.11799	0.882	42.39	172.49
0.65	16.60	0.11942	0.881	42.46	173.83
0.66	16.80	0.12086	0.879	42.53	175.17
0.66	17.00	0.12230	0.878	42.60	176.50
0.66	17.20	0.12374	0.876	42.67	176.50
0.67	17.40	0.12518	0.875	42.74	177.84
0.67	17.60	0.12662	0.873	42.81	179.18
0.67	17.80	0.12806	0.872	42.88	179.18
0.68	18.00	0.12950	0.871	42.96	180.52
0.68	18.20	0.13094	0.869	43.03	181.85
0.69	18.40	0.13237	0.868	43.10	183.19
0.69	18.60	0.13381	0.866	43.17	183.19
0.69	18.80	0.13525	0.865	43.24	184.53
0.70	19.00	0.13669	0.863	43.31	185.86
0.70	19.20	0.13813	0.862	43.39	187.20
0.71	19.40	0.13957	0.860	43.46	188.54
0.71	19.60	0.14101	0.859	43.53	188.54
0.71	19.80	0.14245	0.858	43.60	189.88
0.72	20.00	0.14388	0.856	43.68	191.21
0.72	20.20	0.14532	0.855	43.75	191.21
0.72	20.40	0.14676	0.853	43.82	192.55
0.73	20.60	0.14820	0.852	43.90	193.89
0.73	20.80	0.14964	0.850	43.97	193.89
0.73	21.00	0.15108	0.849	44.05	195.22
0.73	21.20	0.15252	0.847	44.12	195.22
0.74	21.40	0.15396	0.846	44.20	196.56
0.74	21.60	0.15540	0.845	44.27	196.56
0.74	21.80	0.15683	0.843	44.35	197.90
0.75	22.00	0.15827	0.842	44.42	199.24
0.75	22.20	0.15971	0.840	44.50	199.24
0.75	22.40	0.16115	0.839	44.58	199.24
0.73	22.60	0.16259	0.837	44.65	195.22

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA
LOCALIZACIÓN: MURO ACHI
FECHA: 12/05/2015

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
SONDEO: PT-MACH-3
PROFUNDIDAD: 4,70 - 5,40
MUESTRA: 10



RESISTENCIA A LA COMP. INCONFINADA $q_u =$ 199.24 kPa COHESIÓN = 99.62 kPa

CONSISTENCIA DEL SUELO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA	
	kg/cm ²	kPa
MUY BLANDA	< 0,25	< 25
BLANDA	0,25 - 0,50	25 - 50
MEDIANA	0,50 - 1,00	50 - 100
FIRME	1,00 - 2,00	100 - 200
MUY FIRME	2,00 - 4,00	200 - 400
DURA	> 4,00	> 400

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN ORDEN DE TRABAJO Nº: 202-001-15
 PROYECTO: EVALUACIÓN GEOTÉCNICA LA MOJANA SONDEO: PT-MACH-3
 LOCALIZACION: MURO ACHI PROFUNDIDAD(mt): 6,40 - 7,10
 FECHA: 20/05/2015

CONSOLIDOMETRO TIPO : FIXED RING

DIMENSIONES DEL ANILLO: DIAMETRO 6.30 cm ALTURA (Hi): 2.50 cm
 AREA (Ao): 31.16 cm² VOLUMEN (V): 77.89 cm³

DIMENSIONES DE LA MUESTRA : DIAMETRO (D): 6.30 cm ALTURA (Hi): 2.5 cm
 AREA (Ao): 31.16 cm² VOLUMEN (Vi): 77.89 cm³

A = Altura inicial del suelo:	cm	2.50
B = Peso(Anillo + Muestra Inicial)	g	332.5
C = Peso anillo	g	131.5
D = Peso (Muestra inicial) = B - C	g	201.0
E = Peso (Muestra seca)	g	158.3
F = Peso (Muestra Seca Calculada) = D*b / a	g	158.3

G = Lectura Inicial del Deformimetro.	cm	0.002
H = Lectura Final del Deformimetro	cm	0.018
I = Cambio en Altura de la Muestra = H - G	cm	0.0166
J = Altura de Solidos = (A - I) - (g / Ao)	cm	1.09
K = Altura de Vacios Inicial = A - J	cm	1.41
L = Grado de Saturacion Inicial = D - (E o F) / K * Ao	%	97.45
M = Relacion de Vacios Inicial= K / J		1.2859
N = Altura de Vacios Final = g/Ao	cm	1.4
O = Gravedad Especifica de los Solidos = (E o F)/J *Ao		2.78

CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL	UNIDAD	
a = Peso (Muestra Humedad.	g	201.00
b = Peso (Muestra Seca)	g	158.30
c = Peso (Agua) = a - b	g	42.70
d = Contenido Humedad = c / b	%	26.97

CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL	UNIDAD	
e = Peso (Muestra Humeda)	g	201.60
f = Peso (Muestra Seca)	g	158.30
g =Peso (Agua) = e - f	g	43.30
h =Contenido Humedadt = g / f	%	27.35

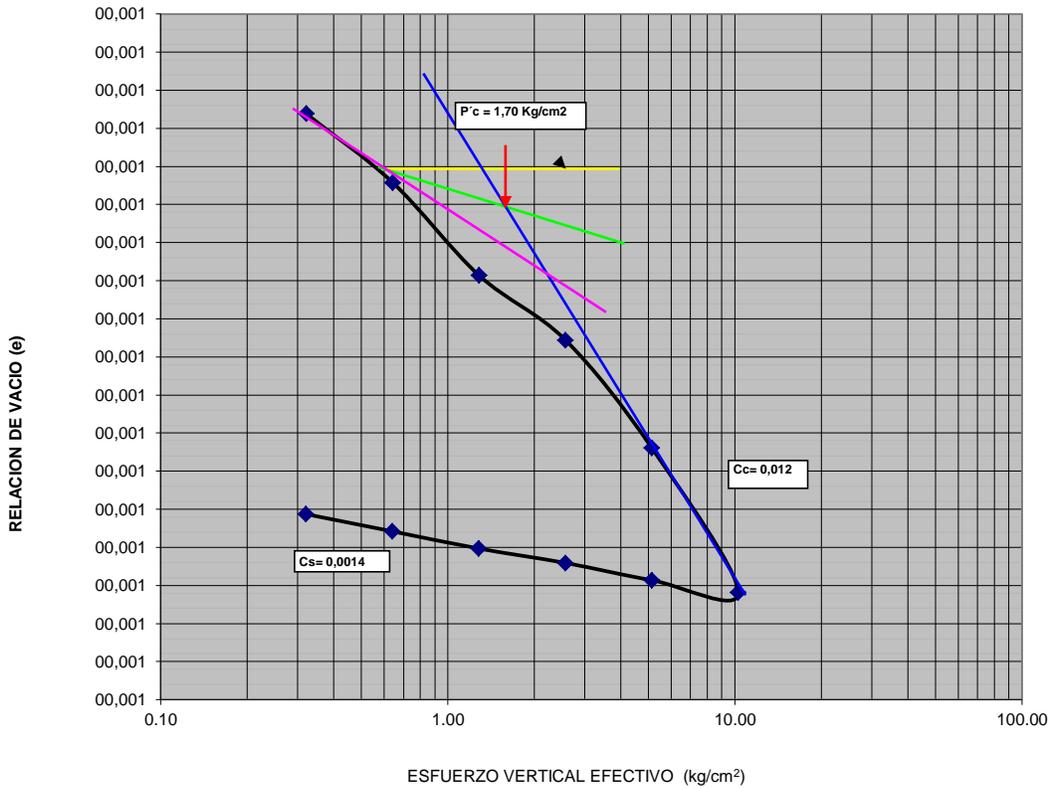
Henry Portino Diaz

INGENIERO DE LABORATORIO

[Signature]

VºBº DIRECTOR TECNICO

Presion	Lectura Deformimetro Ajustada	Cambio en Relacion de vacios	Relacion de vacios instantanea	Altura prom. para incremento de carga	H	Tiempo para 50% de consolidacion	Radio de Consolidacion cm^2/min
Kg/cm ²	mm	Δe	e	Hp	cm	t_{50}	$C_v = T \times H^2 / t_{50}$
0.32	0.0361	0.0026	1.2834	1.898	0.949	0.40	0.444
0.64	0.0615	0.0044	1.2816	2.495	1.248	2.00	0.153
1.28	0.0958	0.0068	1.2791	2.492	1.246	15.00	0.020
2.57	0.1196	0.0085	1.2774	2.489	1.245	3.00	0.102
5.13	0.1595	0.0113	1.2746	2.486	1.243	1.00	0.304
10.27	0.2129	0.0151	1.2708	2.481	1.241	1.00	0.303
5.13	0.2083	0.0148	1.2711	2.479	1.239	1.00	0.303
2.57	0.2019	0.0144	1.2716	2.479	1.240	60.00	0.005
1.28	0.1966	0.0140	1.2720	2.480	1.240	15.00	0.020
0.64	0.1902	0.0135	1.2724	2.481	1.240	15.00	0.020
0.32	0.1839	0.0131	1.2729	2.481	1.241	40.00	0.008



CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15

PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN

TIPO DE SUELO: -

LOCALIZACION: REGION DE LA MOJANA

FECHA DE ENSAYO: 11/05/2015

DENSIDAD DE CAMPO No	UND	1	2	3	4	5
Profundidad:	m	0.10	0.10	0.10	0.10	
Referencia:	-	DEN-MACH-1 - (AP - 1)	DEN-MACH-2 - (AP - 2)	DEN-MACH-3 - (AP - 3)	DEN-MACH-4 - (AP - 4)	
Localización:	-	N: 08,57030° O: 74,55412°	N: 08,56838° O: 74,55454°	N: 08,56697° O: 74,55510°	N: 08,56624° O: 74,55515°	
Peso cono + arena inicial	g	5400.0	5372.0	5580.0	5630.0	
Peso cono + arena final	g	2622.0	2884.0	3128.0	3118.0	
Peso suelo + tara	g	1720.0	1314.5	1252.0	1307.1	
Peso arena total usada	g	2778.0	2488.0	2452.0	2512.0	
Constante del cono	g	1504.0	1504.0	1504.0	1504.0	
Densidad de la arena (Gris)	g/cm³	1.47	1.47	1.47	1.47	
Peso arena utilizada hueco	g	1274.0	984.0	948.0	1008.0	
Peso tara	g	210.0	210.0	210.0	210.0	
Peso suelo	g	1510.0	1104.5	1042.0	1097.1	
Volumen hueco	cm³	866.67	669.39	644.90	685.71	
HUMEDAD NATURAL	%	13.60	13.20	12.00	14.00	
DENSIDAD DE CAMPO HUMEDA	g/cm³	1.74	1.65	1.62	1.60	
DENSIDAD DE CAMPO SECA	g/cm³	1.53	1.46	1.44	1.40	
DENSIDAD SECA MAXIMA	g/cm³	1.72	1.73	1.73	1.72	
PORCENTAJE DE COMPACTACION	%	89.2	84.3	83.4	81.6	

OBSERVACIONES GENERALES:

Henry Portino Diaz

INGENIERO DE LABORATORIO

Justo

VºBº INGENIERO DE DISEÑO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA
LOCALIZACION: MURO ACHI

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
SONDEO: PT-MACH-3
FECHA: 12/05/2015

SONDEO	PROFUNDIDAD	MUESTRA	PESO CRISOL	PESO SUELO SECO + CRISOL	PESO SUELO CALCINADO + CRISOL	(%) MATERIA ORGANICA
PT-MACH-3	5,40 - 5,90	11	61.8	90.6	87.33	11.42

REMARKS:

Henry Portino Diaz

INGENIERO DE LABORATORIO

[Signature]

VºBº. DIRECTOR TECNICO



**PESO UNITARIO
ASTM D 2937-71**

CODIGO: LAB-R-19

Versión:5

Fecha: Febrero 27 de 2012

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA
FECHA: 22/05/2015

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
LOCALIZACION: MURO ACHI

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	N° DE MUESTRA	PESO (g)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	PESO UNITARIO (g/cm ³)
PT-MACH-1	3,50 - 4,20	8	1063.5	7.2	14.5	1.80

OBSERVACIONES

INGENIERO LABORATORIO

DIRECTOR TECNICO



**PESO UNITARIO
ASTM D 2937-71**

CODIGO: LAB-R-19

Versión:5

Fecha: Febrero 27 de 2012

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA
FECHA: 14/05/2015

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
LOCALIZACION: MURO ACHI

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	N° DE MUESTRA	PESO (g)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	PESO UNITARIO (g/cm³)
PT-MACH-3	3,00 - 3,70	5	1280.4	6.6	18.8	1.99

OBSERVACIONES

INGENIERO LABORATORIO

DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15

PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN
REGION DE LA MOJANA

LOCALIZACION: MURO ACHI

FECHA: 05/06/2015

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	N° DE MUESTRA	PESO MUESTRA HUMEDA (g)	PESO MUESTRA HUMEDA + PARAFINA (g)	δ PARAFINA (g/cm³)	Δ VOLUMEN (cm³)	δ PESO UNITARIO POR DESPLAZAMIENTO (g/cm³)
PT-MACH - 1	1,50 - 2,00		24.9	29.5	0.9	20.00	1.68
PT-MACH - 1	9,30 - 9,80		40.7	47.5	0.9	30.00	1.81

OBSERVACIONES


INGENIERO LABORATORIO


DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15

PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA

LOCALIZACION: MURO ACHI

FECHA: 05/06/2015

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	N° DE MUESTRA	PESO MUESTRA HUMEDA (g)	PESO MUESTRA HUMEDA + PARAFINA (g)	δ PARAFINA (g/cm³)	Δ VOLUMEN (cm³)	δ PESO UNITARIO POR DESPLAZAMIENTO (g/cm³)
PT-MACH - 3	2,00 - 2,50		20.95	27.6	0.9	20.00	1.66
PT-MACH - 3	7,10 - 7,60		20.71	28.3	0.9	20.00	1.79

OBSERVACIONES

INGENIERO LABORATORIO

DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15

PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN
REGION DE LA MOJANA

MUESTRA AP-1 (0,00 - 0,50) MTS

LOCALIZACION: MUCRO ACHI

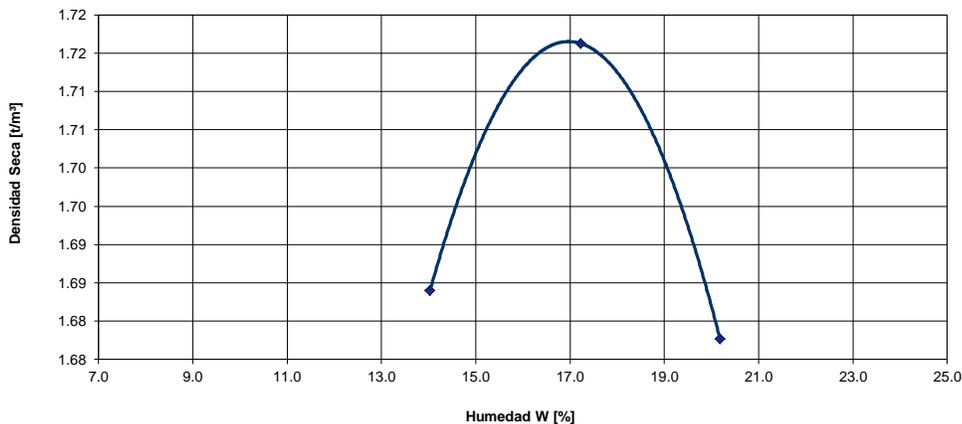
FECHA jun-15

Número de Capas:	5	Molde No.:	1920
Golpes por Capa:	25	Diámetro:	10.20 cm
Caída:	18 pulg	Altura:	11.60 cm
Peso del Martillo:	10.5 lbs	Volumen:	947.8 cm ³

Determinación de Humedad	UND	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata	g	276.20	220.20	227.80
Peso suelo seco + lata	g	251.10	198.40	201.30
Peso de lata	g	72.20	71.90	70.00
Peso de suelo seco	g	178.90	126.50	131.30
Peso de agua	g	25.10	21.80	26.50
HUMEDAD NATURAL	%	14.03	17.23	20.18

Determinación de la densidad	UND	1	2	3
Humedad medida	%	14.03	17.23	20.18
Peso de suelo + Molde	g	3740	3827	3831
Peso de Molde	g	1920	1920	1920
Peso del suelo	g	1820	1907	1911
Densidad Húmeda	ton/m³	1.92	2.01	2.02
Densidad Seca	ton/m³	1.68	1.72	1.68

COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO



γ_{dmax} : 1.72 ton/m³
 W_{optima} : 17.23 %

OBSERVACIONES GENERALES:

Handwritten signature

INGENIERO DE LABORATORIO

Handwritten signature

VºBº DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15

PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN
REGION DE LA MOJANA

MUESTRA AP-2 (0,00 - 0,50) MTS

LOCALIZACION: MUCRO ACHI

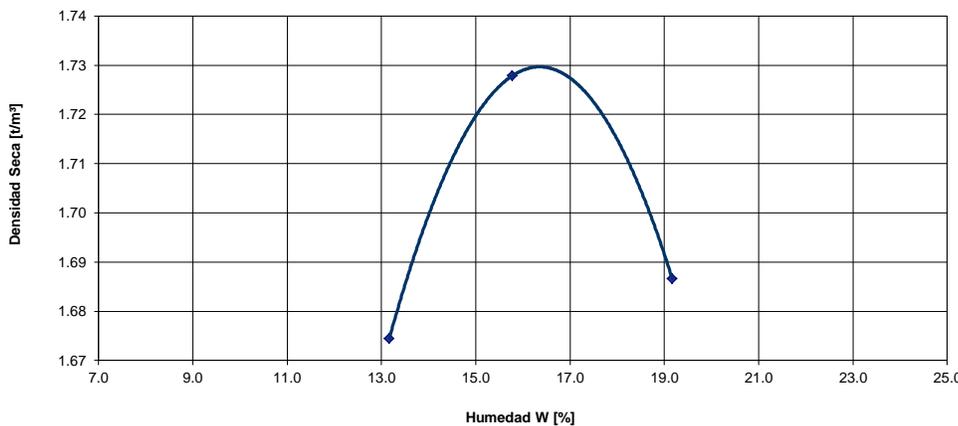
FECHA jun-15

Número de Capas:	5	Molde No.:	1920
Golpes por Capa:	25	Diámetro:	10.20 cm
Caída:	18 pulg	Altura:	11.60 cm
Peso del Martillo:	10.5 lbs	Volumen:	947.8 cm ³

Determinación de Humedad	UND	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata	g	233.90	248.90	258.00
Peso suelo seco + lata	g	214.90	225.00	228.00
Peso de lata	g	70.60	73.50	71.50
Peso de suelo seco	g	144.30	151.50	156.50
Peso de agua	g	19.00	23.90	30.00
HUMEDAD NATURAL	%	13.17	15.78	19.17

Determinación de la densidad	UND	1	2	3
Humedad medida	%	13.17	15.78	19.17
Peso de suelo + Molde	g	3716	3816	3825
Peso de Molde	g	1920	1920	1920
Peso del suelo	g	1796	1896	1905
Densidad Húmeda	ton/m³	1.89	2.00	2.01
Densidad Seca	ton/m³	1.67	1.73	1.69

COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO



γ_{dmax}: 1.73 ton/m³
W_{optima}: 15.78 %

OBSERVACIONES GENERALES:

Henry Portino 01/23

INGENIERO DE LABORATORIO

[Signature]

VºBº DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15

PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN

MUESTRA AP-3 (0,00 - 0,50) MTS

REGION DE LA MOJANA

LOCALIZACION: MUCRO ACHI

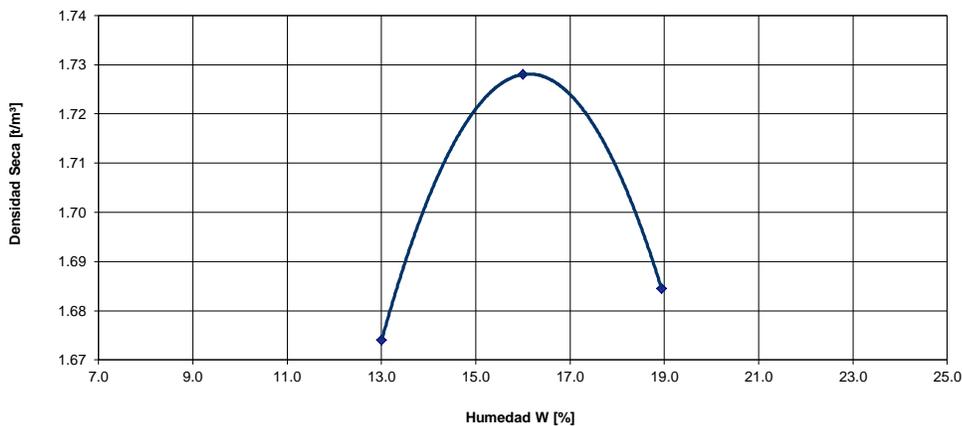
FECHA jun-15

Número de Capas:	5	Molde No.:	1920
Golpes por Capa:	25	Diámetro:	10.20 cm
Caída:	18 pulg	Altura:	11.60 cm
Peso del Martillo:	10.5 lbs	Volumen:	947.8 cm ³

Determinación de Humedad	UND	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata	g	213.10	241.70	310.00
Peso suelo seco + lata	g	196.70	218.20	272.40
Peso de lata	g	70.60	71.40	73.90
Peso de suelo seco	g	126.10	146.80	198.50
Peso de agua	g	16.40	23.50	37.60
HUMEDAD NATURAL	%	13.01	16.01	18.94

Determinación de la densidad	UND	1	2	3
Humedad medida	%	13.01	16.01	18.94
Peso de suelo + Molde	g	3713	3820	3819
Peso de Molde	g	1920	1920	1920
Peso del suelo	g	1793	1900	1899
Densidad Húmeda	ton/m³	1.89	2.00	2.00
Densidad Seca	ton/m³	1.67	1.73	1.68

COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO



γ_{dmax} : 1.73 ton/m³
 W_{optima} : 16.01 %

OBSERVACIONES GENERALES:

Henry Portino Diaz

INGENIERO DE LABORATORIO

[Signature]

VºBº DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15

PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN
REGION DE LA MOJANA

MUESTRA AP-4 (0,00 - 0,50) MTS

LOCALIZACION: MUCRO ACHI

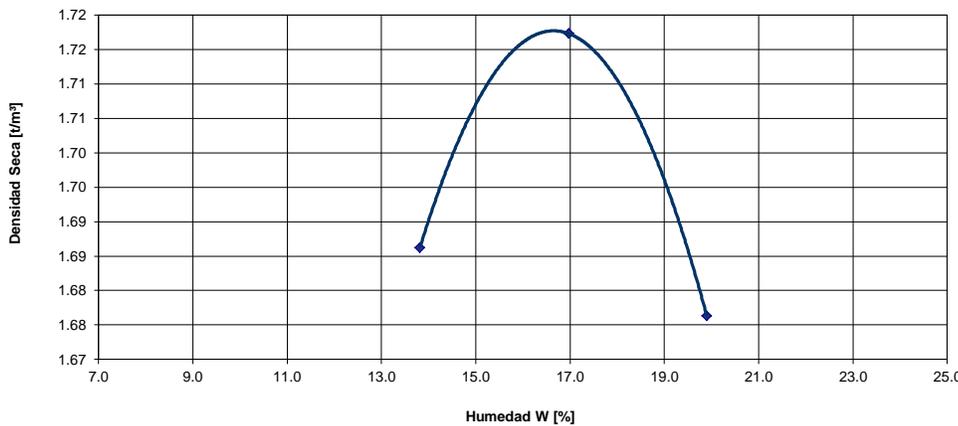
FECHA jun-15

Número de Capas:	5	Molde No.:	1920
Golpes por Capa:	25	Diámetro:	10.20 cm
Caída:	18 pulg	Altura:	11.60 cm
Peso del Martillo:	10.5 lbs	Volumen:	947.8 cm ³

Determinación de Humedad	UND	1	2	3
Peso suelo húmedo + lata	g	210.90	239.90	295.30
Peso suelo seco + lata	g	194.50	216.40	258.30
Peso de lata	g	75.80	78.00	72.40
Peso de suelo seco	g	118.70	138.40	185.90
Peso de agua	g	16.40	23.50	37.00
HUMEDAD NATURAL	%	13.82	16.98	19.90

Determinación de la densidad	UND	1	2	3
Humedad medida	%	13.82	16.98	19.90
Peso de suelo + Molde	g	3739	3824	3825
Peso de Molde	g	1920	1920	1920
Peso del suelo	g	1819	1904	1905
Densidad Húmeda	ton/m³	1.92	2.01	2.01
Densidad Seca	ton/m³	1.69	1.72	1.68

COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO



γ_{dmax} : 1.72 ton/m³
 W_{optima} : 16.98 %

OBSERVACIONES GENERALES:

Henry Portino Diaz

INGENIERO DE LABORATORIO

[Signature]

VºBº DIRECTOR TECNICO

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
 PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA
 FECHA: may-15

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
 LOCALIZACIÓN: MURO ACHI
 MUESTRA: PT-MACH-1 (3,50 - 4,20)

FORMULARIO 1: INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y ETAPA DE CONSOLIDACIÓN

Información de la muestra:

Diámetro (D): 6.041 cm
 Área inicial (A₀): 28.66 cm²
 Altura inicial (H₀): 2.60 cm
 Volumen (V₀): 74.52 cm³

	W hum	W seco	Hum.	γ hum (g/cm ³)	γ seca (g/cm ³)	σ norm	Peso aplicado	σ real
Muestra 1	142.0 g	105.0 g	35.2%	1.91	1.41	50 kPa	1.60 kg	50.24 kPa
Muestra 2	140.5 g	103.6 g	35.6%	1.89	1.39	125 kPa	4.00 kg	125.60 kPa
Muestra 3	141.4 g	104.0 g	36.0%	1.90	1.40	200 kPa	6.35 kg	199.39 kPa

FORMULARIO 2: RESULTADOS

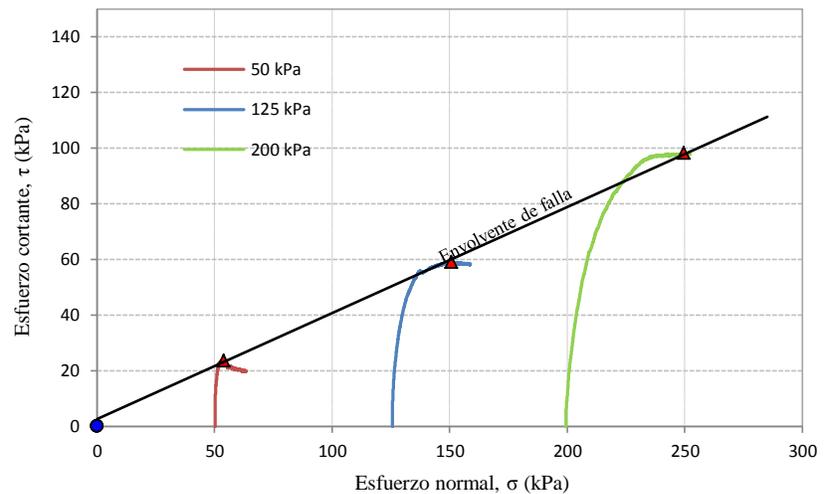
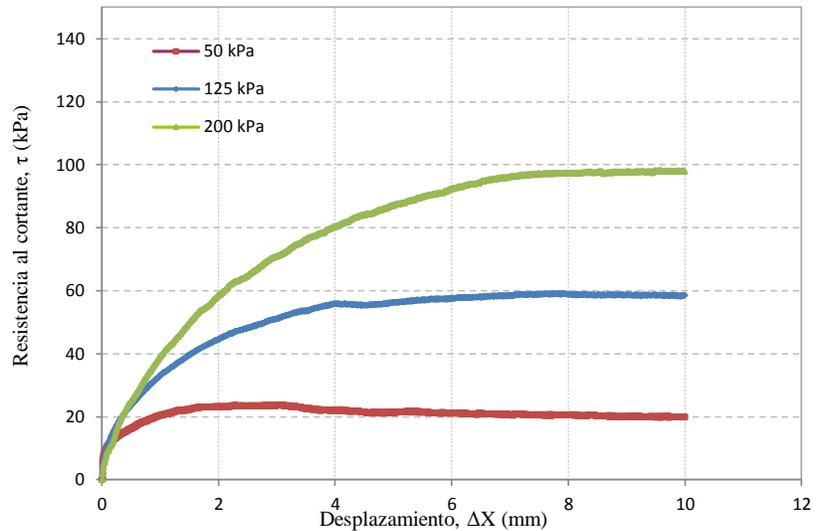
Pesos unitarios	
γ hum. (g/cm ³)	1.89
Humedad (%)	35.6%
γ seco (g/cm ³)	1.39

Resistencia Pico	
σ Norm. (kPa)	τ (kPa)
53.80	23.70
150.60	59.13
249.60	98.19

Parám. de resistencia pico	
φ pico (°)	21
C pico (kPa)	2.8

Resistencia Residual	
σ Norm. (kPa)	τ (kPa)

Parám. de resistencia residual	
φ residual (°)	
C residual (kPa)	



OBSERVACIONES GENERALES:

Director Tecnico

Ingeniero de Laboratorio

CLIENTE: FONDO DE ADAPTACIÓN
 PROYECTO: EVALUACION GEOTECNICA PARA OBRAS DE PROTECCIÓN REGION DE LA MOJANA
 FECHA: may-15

ORDEN DE TRABAJO: 202-001-15
 LOCALIZACIÓN: MURO ACHI
 MUESTRA: PT-MACH-3 (4,70 - 5,40)

FORMULARIO 1: INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y ETAPA DE CONSOLIDACIÓN

Información de la muestra:

Diámetro (D): 6.041 cm
 Área inicial (A₀): 28.66 cm²
 Altura inicial (H₀): 2.60 cm
 Volumen (V₀): 74.52 cm³

	W hum	W seco	Hum.	γ hum (g/cm ³)	γ seca (g/cm ³)	σ norm	Peso aplicado	σ real
Muestra 1	151.5 g	121.0 g	25.2%	2.03	1.62	75 kPa	2.40 kg	75.36 kPa
Muestra 2	150.7 g	117.3 g	28.5%	2.02	1.57	125 kPa	4.00 kg	125.60 kPa
Muestra 3	147.7 g	114.5 g	29.0%	1.98	1.54	200 kPa	6.35 kg	199.39 kPa

FORMULARIO 2: RESULTADOS

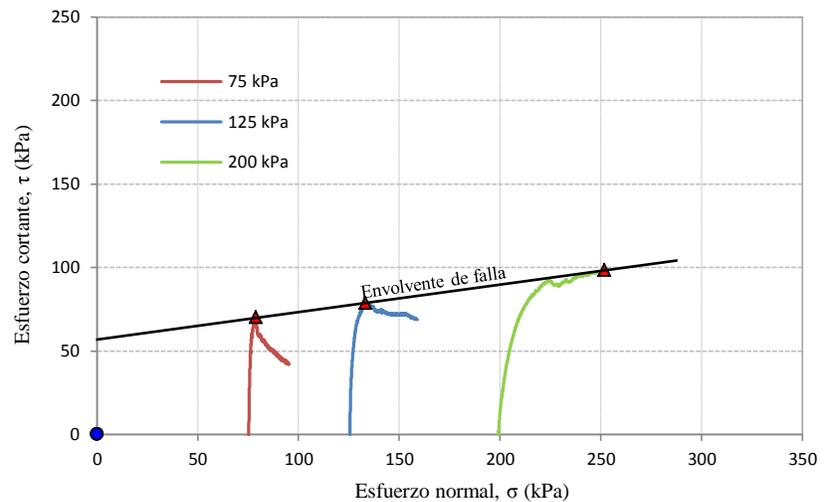
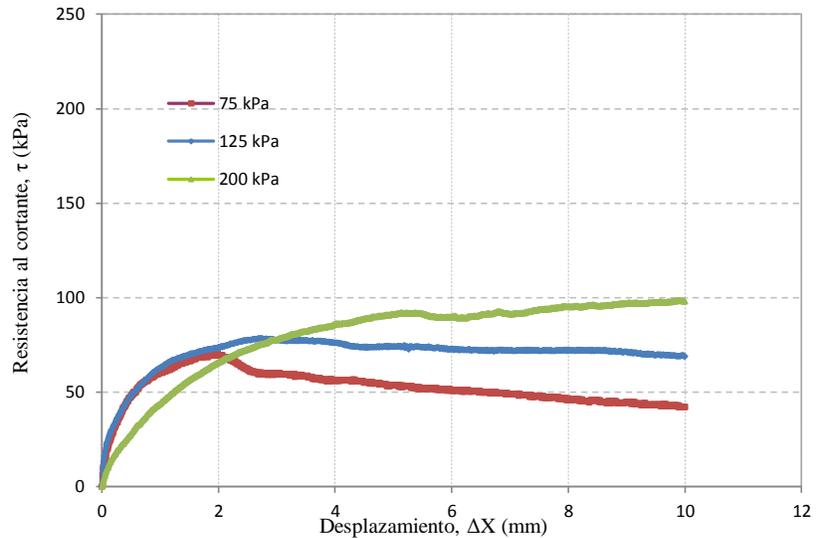
Pesos unitarios	
γ hum. (g/cm ³)	2.01
Humedad (%)	27.6%
γ seco (g/cm ³)	1.57

Resistencia Pico	
σ Norm. (kPa)	τ (kPa)
78.70	70.24
133.20	78.52
251.80	98.56

Parám. de resistencia pico	
φ pico (°)	9
C pico (kPa)	57.0

Resistencia Residual	
σ Norm. (kPa)	τ (kPa)

Parám. de resistencia residual	
φ residual (°)	
C residual (kPa)	



OBSERVACIONES GENERALES:

[Firma]
 Director Tecnico

[Firma]
 Ingeniero de Laboratorio