

**DIAGNÓSTICO DEL DIQUE SOBRE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO
CAUCA EN EL SECTOR LA PLAYA RENACIENTE EN SANTIAGO DE CALI**

**ZULLY MILENA DE LA PORTILLA MELO
LEIDY JOHANNA PRADO PALACIO**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
SANTIAGO DE CALI
AGOSTO DE 2012**

**DIAGNÓSTICO DEL DIQUE SOBRE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO
CAUCA EN EL SECTOR LA PLAYA RENACIENTE EN SANTIAGO DE CALI**

**ZULLY MILENA DE LA PORTILLA MELO
LEIDY JOHANNA PRADO PALACIO**

Trabajo de grado para optar el título de:

INGENIERA CIVIL

Director:

DIEGO DUQUE ARANGO
Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
SANTIAGO DE CALI
AGOSTO DE 2012**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Ingeniero Diego Duque Arango
Director del proyecto de grado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Santiago de Cali, _____

A Dios, por darme la oportunidad de vivir, por su amor, misericordia, fortaleza, por allanar siempre mis caminos y permitirme alcanzar este logro.

A mis padres, por todo el amor, los valores y las buenas costumbres que me han inculcado y por todo el esfuerzo que han hecho para mi realización personal.

A mi hermano, por su compañía, ternura, especial amor y por ser mi principal motivación.

Al Ministerio de Música Mensajeros de Paz y a la Comunidad Juvenil Sek Dyij, por permitirme conocer a un Dios vivo y por hacer de mí, una mejor persona.

Leidy Johanna Prado Palacio

*A Dios por regalarme grandes bendiciones, por acompañarme en
mi caminar y guiar mis pasos*

*A mi Madre, por todo su amor, dedicación, paciencia, enseñanzas,
por su apoyo incondicional y sus valiosos consejos*

A quien ha sido un verdadero Padre para mí, gracias

*A ti, por tu paciencia, por impulsarme a seguir siempre adelante,
por tus consejos, por tu apoyo, confianza, por creer siempre en mí*

Zully Milena De La Portilla Melo

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan sus agradecimientos a:

DIOS, porque nada hubiese sido posible sin su ayuda.

DIEGO DUQUE ARANGO, Ingeniero Civil, profesor de la escuela de Ingeniería Civil y Geomática en las áreas de Suelos y Pavimentos, de la Universidad del Valle y director del proyecto, por sus conocimientos, orientaciones y motivación en el desarrollo de este trabajo de grado.

CARLOS ALBERTO MANRIQUE, Geotecnólogo, encargado de laboratorio de Suelos y Pavimentos de la escuela de Ingeniería Civil y Geomática de la Universidad del Valle, por sus sabios consejos, asesoría, su apoyo, paciencia y gran contribución.

JUAN JOSÉ CARRERO, Ingeniero Civil, por sus aportes y opiniones acertadas.

NOÉ DURÁN, por su disponibilidad, sus instrucciones y su colaboración.

GERMÁN ORAMAS, Ingeniero Hidrotécnico, por su tiempo, sus indicaciones y su ayuda desinteresada.

CONCEJO ANCESTRAL DE NEGRITUDES LA PLAYA RENACIENTE, por su colaboración y acompañamiento en las visitas y trabajos de campo.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
RESUMEN.....	14
INTRODUCCIÓN.....	15
JUSTIFICACIÓN.....	16
OBJETIVOS	17
1. ANTECEDENTES	18
2. MARCO TEÓRICO	20
2.1. DEFINICIÓN DE DIQUE	20
2.1.1. Anatomía de un dique	20
2.1.2. Clasificación de los diques	21
2.1.3. Sistemas de diques.....	22
2.2. DISEÑO DE DIQUES.....	22
2.3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE DIQUES.....	23
2.3.1. Evaluaciones geotécnicas	23
2.3.2. Evaluaciones Geomorfológicas	25
2.3.3. Otras evaluaciones	25
2.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	26
2.4.1. Análisis de límite de equilibrio	26
2.4.2. Descenso súbito.....	27
2.5. FALLAS TÍPICAS EN DIQUES	28
2.5.1. Erosión superficial.....	28
2.5.2. Erosión interna.....	29
2.5.3. Deslizamiento de los taludes o del suelo de cimentación	29
2.5.4. Acciones antrópicas	30
2.6. LICUACIÓN	31
2.6.1. Fallas por licuación	31
2.6.2. Factores influyentes en la licuación.....	32
2.6.3. Susceptibilidad a la Licuación	32

2.6.4.Evaluación del Potencial de Licuación	33
3. GENERALIDADES	37
3.1. DIQUE SOBRE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO CAUCA EN CALI	37
3.1.1.Descripción	37
3.1.2.Localización del tramo de investigación	38
3.2. LA PLAYA RENACIENTE	39
3.2.1.Localización	39
3.2.2.Historia	40
3.2.3.Economía	40
4. MARCO METODOLÓGICO	41
4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	41
4.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	41
4.3. POBLACIÓN	41
4.4. MUESTRA	42
4.5. MÉTODO DE TRABAJO	42
4.5.1.Documentación	42
4.5.2.Recolección y análisis de información	42
4.5.3.Permisos	42
4.5.4.Visita de reconocimiento	43
4.5.5.Trabajo de campo	43
4.5.6.Ensayos de laboratorio	44
5. ESTUDIO GEOTÉCNICO	46
5.1. ESTRATIGRAFÍA DEL SUBSUELO DEL PROYECTO	46
5.1.1.Perforaciones localizadas en la corona del dique	46
5.1.2.Perforaciones localizadas en el lado húmedo del dique, P2 y P6	47
5.1.3.Perfil transversal entre las perforaciones P3 (lado seco del dique) y P6 (lado húmedo del dique)	48
6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD	49
6.1. MODELOS DE ANÁLISIS	49
6.1.2.Análisis N° 2 – Talud húmedo con fuerza actuante su peso propio y condición inundada	51
6.1.3.Análisis N° 3 – Talud húmedo con fuerzas actuantes su peso propio, las viviendas construidas sobre él y la acción de un sismo	52

6.1.4.Análisis N° 4 – Talud húmedo con fuerzas actuantes su peso propio, las viviendas construidas sobre él, condición inundada y la acción de un sismo	53
6.1.5.Análisis N° 5 – Descenso súbito.....	54
7. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LICUACIÓN	56
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS	57
8.1. ENSAYOS DE LABORATORIO	57
8.2. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES.....	57
8.2.2.Análisis N° 2 – Talud húmedo con fuerza actuante su peso propio y condición inundada	59
8.2.3.Análisis N° 3 – Talud húmedo con fuerzas actuantes su peso propio, las viviendas construidas sobre él y la acción de un sismo	60
8.2.4.Análisis N° 4 – Talud húmedo con fuerzas actuantes su peso propio, las viviendas construidas sobre él, condición inundada y la acción de un sismo	61
8.2.5.Descenso rápido del nivel de agua – Slide v.5.0	62
8.3. ANÁLISIS DE EVALUACION DEL POTENCIAL DE LICUACION	65
9. CONCLUSIONES GENERALES	70
10. RECOMENDACIONES.....	73
11. BIBLIOGRAFÍA.....	74
ANEXOS	77
A. VISITA DE RECONOCIMIENTO	78
B. LOCALIZACIÓN DE LAS PERFORACIONES.....	83
C. PERFORACIONES EN EL DIQUE.....	84
D. REGISTROS DE PERFORACIÓN	88
E. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO	100
F. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS	181

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Consistencia del suelo	25
Tabla 2: Factores de corrección para los Valores de N medidos en el SPT ...	34
Tabla 3: Curvas para cálculo de la relación CRR a partir del SPT	35
Tabla 4: Factores de escala dependiendo de la magnitud del sismo	36
Tabla 5: Matriz de ensayos de laboratorio	44
Tabla 6: Parámetros del suelo	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Principales partes de un dique	20
Figura 2: Esquema de erosión interna por debajo de un dique	29
Figura 3: Esquema de erosión superficial y deslizamientos.	30
Figura 4: Situación inicial del dique del río Cauca en Santiago de Cali	37
Figura 5: Situación actual del dique del río Cauca en Santiago de Cali	38
Figura 6: Localización del sector de investigación	39
Figura 7: Sector La Playa Renaciente.....	40
Figura 8: Modelo del talud húmedo con fuerza actuante su peso propio.....	51
Figura 9: Modelo del talud húmedo y la corona bajo condición inundada	52
Figura 10: Modelo del talud húmedo con fuerzas actuantes su peso propio, las viviendas construidas sobre él y la acción de un sismo	53
Figura 11: Modelo del talud húmedo con fuerzas actuantes su peso propio, las viviendas construidas sobre él, condición inundada y la acción de un sismo	54
Figura 12: Modelo para el análisis de descenso súbito	54
Figura 13: Resultados de la modelación del talud húmedo con fuerza actuante su propio peso.....	58
Figura 14: Fuerzas actuantes en la primera dovela (peso propio).....	59
Figura 15: Resultados de la modelación del talud húmedo con fuerza actuante su peso propio y condición inundada	60
Figura 16: Modelo del talud húmedo con peso propio + cargas viviendas + sismo	60
Figura 17: Fuerzas actuantes en la primera dovela (peso propio, carga casa + sismo de diseño)	61

Figura 18: Resultados de la modelación del talud húmedo con fuerzas actuantes su peso propio, las viviendas construidas sobre él, condición inundada y la acción de un sismo	62
Figura 19: Resultados de la modelación del talud húmedo con nivel de agua a la altura de la corona	63
Figura 20: Resultados de la modelación del talud húmedo en condiciones de descenso rápido de la columna de agua	64
Figura 21: Gráfica de presión intersticial inicial y presión intersticial final.....	64
Figura 22: Presión intersticial final y presión intersticial en exceso, análisis del descenso rápido del nivel de agua	65
Figura 23: Corona del dique	78
Figura 24: Reconocimiento por la corona del dique	78
Figura 25: Viviendas construidas en la berma	79
Figura 26: Planta de Tratamiento de agua potable de Puerto Mallarino.....	79
Figura 27: Desechos en la berma	80
Figura 28: Extracción de arena del río Cauca	80
Figura 29: Situación tras desalojo voluntario del asentamiento Brisas del Nuevo Amanecer	81
Figura 30: Canal Interceptor Sur.....	81
Figura 31: Socavación	82
Figura 32: Socavación	82
Figura 33: Localización de los sondeos	83
Figura 34: Perforación 1	84
Figura 35: Perforación 2	84
Figura 36: Perforación 3	85
Figura 37: Perforación 4	85
Figura 38: Perforación 5	86
Figura 39: Perforación 6	86
Figura 40: Muestras alteradas representativas	87
Figura 41: Hallazgo de arena.....	87

Figura 42: Perfil estratigráfico longitudinal de la corona del dique	181
Figura 43: Perfil estratigráfico del lado húmedo del dique.....	182
Figura 44: Perfil estratigráfico de la sección transversal del dique	183

RESUMEN

El dique del río Cauca es una estructura de “tierra”, construida durante los años 1958 y 1961, para proteger zonas agrícolas, de inundaciones ocasionadas por crecidas del río Cauca y sus tributarios. A lo largo de su vida útil, el dique, ha sufrido interacciones con distintos factores tales como, el cambio climático, las crecidas y la presencia e intervención de pobladores, además de las alteraciones resultado de la acción de los sismos, lo que ha modificado las condiciones iniciales, obligando a realizar análisis periódicos que permitan conocer las características actuales de servicio y aseguren el cumplimiento de las exigencias mínimas de diseño.

En este trabajo se evaluó el estado geotécnico de un tramo del dique, construido en la ciudad de Cali sobre la margen izquierda del río Cauca, en el sector La Playa Renaciente – Juanchito, en donde se estudiaron quinientos cincuenta (550) metros de longitud. Inicialmente se realizó una visita de reconocimiento a la zona, posteriormente se efectuaron seis (6) perforaciones del subsuelo a diez (10) metros de profundidad, las que permitieron mediante el muestreo, caracterizarlo a través de ensayos de laboratorio (distribución granulométrica, humedad natural, límites de Atterberg, corte directo, consolidación y compresión inconfiada). Para completar la investigación, se realizó un análisis de la estabilidad de los taludes que conforman el cuerpo del dique, además de una evaluación del potencial de licuación, dado a la presencia de arenas en la cimentación de la estructura en estudio.

Palabras clave: dique, río Cauca, Cali, La Playa Renaciente, estabilidad, licuefacción.

INTRODUCCIÓN

Los diques son estructuras indispensables para controlar inundaciones. Un dique en mal estado, bajo condiciones críticas como lluvias y sin las medidas necesarias para sobrellevar dichas situaciones, puede fallar o colapsar provocando desbordamientos y ocasionando inundaciones.

Debido a fenómenos como el de la Niña, se han incrementado las lluvias, afectando gran parte del territorio Colombiano, incluida la ciudad de Cali, en la que las fuertes precipitaciones han provocado crecidas del río Cauca y sus tributarios inundando zonas planas urbanas y agroindustriales.

El dique del río Cauca fue concebido inicialmente para proteger cultivos y para desecar humedales y ciénagas, con el fin de convertirlos en aptos para labores de agricultura, disminuyendo así, el área de inundación del río; de esta manera contribuyó con la rápida población de esta zona. El dique ha sufrido alteraciones en su estructura, en su periodo de servicio, debilitándose y demandando una intervención urgente para evitar una posible falla, labor que requiere una gran inversión de recursos técnicos y monetarios.

Para prevenir eventos como los ocasionados por la apertura de un boquete en el Canal del Dique (Cesar, Magdalena, Colombia), es necesario llevar a cabo estudios geotécnicos para conocer y analizar cuál es el estado actual de la estructura de contención, además de consultar referencias bibliográficas acerca de la zona en estudio, proporcionadas por entes gubernamentales como la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca –CVC- y el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente –DAGMA-, así como documentos de investigación, Tesis de grado, periódicos y observaciones de habitantes del sector.

JUSTIFICACIÓN

El dique del río Cauca, se ha deteriorado con el paso del tiempo, debido a distintos factores que han alterado sus condiciones iniciales, reduciendo su resistencia y convirtiéndolo en una estructura posiblemente vulnerable frente a diferentes acontecimientos, como el aumento de los niveles de agua del río Cauca o la posible ocurrencia de un evento sísmico.

El debilitamiento de esta estructura de contención pone en riesgo a 700 mil habitantes de zonas aledañas al río, como también a cerca de 1.5 millones de personas que se abastecen del servicio de agua potable de la Planta de Tratamiento de Puerto Mallarino.

En caso de presentarse una inundación, debido a una ruptura o rebose por la corona del dique, se podrían generar incalculables daños en los equipos, instalaciones y capacidad operativa de la Planta de Puerto Mallarino, ocasionando colapso en el suministro de agua, dejando sin servicio de acueducto a más de las tres cuartas partes de la población caleña y afectando la funcionalidad de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cañaveralejo. Se averiarían las subestaciones eléctricas, se inundaría el distrito de Aguablanca, generando pérdidas humanas, económicas y materiales y, el drenaje de la ciudad, que vierte el agua al río, quedaría inhabilitado, trayendo consigo graves condiciones sanitarias, las cuales serían perjudiciales para la salud de los habitantes de Cali.

Teniendo en cuenta la importancia que tiene esta obra pública, todos los efectos que traería una posible falla de la misma y el costo de reparación de los estragos de una inundación, es de vital importancia llevar a cabo acciones que permitan diagnosticar la composición actual del dique, para determinar los sectores donde sea necesario restaurar o reemplazar la estructura. Además, es indispensable que la Administración Municipal y/o Departamental realice un continuo monitoreo y mantenimiento del dique, para garantizar su correcto funcionamiento como barrera de protección de la ciudad, contra crecientes inesperadas del río Cauca.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el estado de la estructura del dique sobre la margen izquierda del río Cauca en el sector La Playa Renaciente en Santiago de Cali.

Objetivos específicos

- Analizar la estabilidad de los taludes que conforman el cuerpo del dique en la zona de estudio mediante el método de Morgenstern – Price.
- Evaluar el potencial de licuación de los suelos que conforman la cimentación del dique ante sollicitaciones sísmicas mediante el Método Simplificado.
- Proporcionar recomendaciones preliminares para el manejo de los problemas hallados durante la investigación.

1. ANTECEDENTES

- CARMONA, Jorge Ivan; CORONADO, Carlos Arturo; SARRIA, Blanca Victoria. 2002. Análisis de susceptibilidad de corrimiento lateral al Jarillón del río Cauca. Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana Cali.

Resumen

Contiene un análisis de licuación y corrimiento lateral del Jarillón del río Cauca, realizado a través de registros de campo y ensayos de laboratorio.

Aporte

Permite conocer el comportamiento de los suelos que componen el cuerpo del dique y la vulnerabilidad de los mismos ante un sismo.

- OPCIÓN TIMAGUA. 2008. Exploración geotécnica para evaluar el potencial de licuación en el Jarillón de la margen izquierda del río Cauca en Santiago de Cali.

Resumen

Informe que ofrece la caracterización geotécnica del corredor del Jarillón en el sector de la Comuna 21 y Navarro.

Aporte

Metodología para implementar en el proyecto.

- SASAKI, Yasushi. 2008. Mitigation of seismic damage of river dikes. En: Science Press Beijing y Springer.

Resumen

Relata las diversas formas en que un dique puede fallar en el momento de producirse un sismo.

Aporte

Metodología para realizar las predicciones de falla que podría sufrir el dique del río Cauca ante un evento sísmico.

- FOKKENS, Bart. 2008. The Dutch strategy for safety and river flood prevention. En: Extreme Hydrological Events: New Concepts for Security, p 337–352. ISBN 978-1-4020-5740-3.

Resumen

Describe las medidas que se han implementado en Holanda para controlar las crecidas del río Rin.

Aporte

Metodología para realizar recomendaciones a las autoridades competentes de cómo solucionar el problema del deterioro del dique del río Cauca.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIÓN DE DIQUE

La *Agencia Administrativa de Emergencias Federales* (FEMA) de Estados Unidos, define un dique como una “estructura hecha por el hombre, generalmente un terraplén de tierra, diseñado y construido de acuerdo con las prácticas de la ingeniería de suelos para contener, controlar o desviar el flujo de agua, a fin de proporcionar protección contra inundaciones temporales”.

Un dique se construye paralelo al curso de un río, de un canal o al borde del mar. Puede ser utilizado como barrera para contener el empuje del agua, desviación del cauce de un río, control de inundaciones y como protección de cultivos y viviendas.

2.1.1. Anatomía de un dique

Un dique está hecho de tierra compactada. Sin importar cuál sea su altura, requiere de una base con un ancho suficientemente grande para que garantice la estabilidad, debido a que este tipo de estructura, funciona por gravedad y no lleva refuerzo.

Las partes que conforman un dique son: el borde libre, la corona, nivel de agua del proyecto, talud húmedo, talud seco y base.

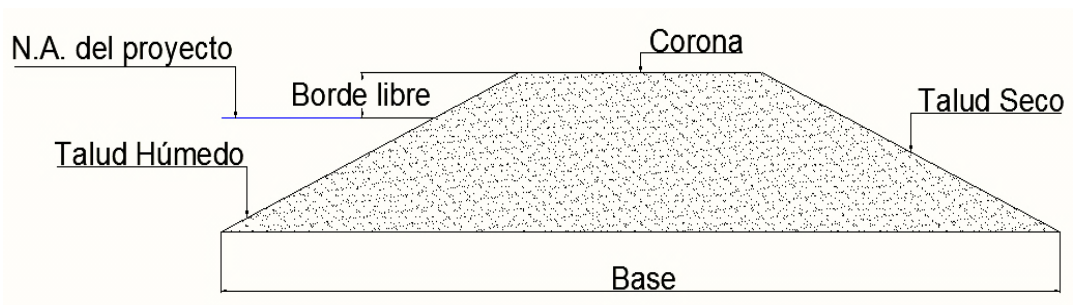


Figura 1: Principales partes de un dique

2.1.2. Clasificación de los diques

El Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos (US Army Corps of Engineers) en su manual de ingeniería EM 1110-2-1913, clasifica los diques según su localización y su uso:

2.1.2.1. Tipos de diques de acuerdo a la ubicación

Los diques se clasifican de acuerdo a la zona que protegen ya sea como diques urbanos o agrícolas:

- *Diques urbanos*, son los que protegen de las inundaciones a las comunidades, incluyendo sus instalaciones industriales, comerciales y residenciales.
- *Diques agrícolas*, son los que protegen de las inundaciones a las tierras utilizadas para fines agrícolas.

2.1.2.2. Tipos de diques según el uso

Los diques se clasifican de acuerdo a la finalidad específica para la que se construyeron, como:

- *Diques principales y secundarios*, son los que se encuentran a lo largo de la corriente principal de un río y de sus afluentes respectivamente.
- *Diques anillo*, son los que rodean por completo en forma de "anillo", un área sujeta a inundaciones desde todas las direcciones.
- *Diques retroceso*, son los que se construyen hacia el talud seco de los diques existentes, por lo general debido a daños en éstos.
- *Sub-diques*, son los contruidos con el propósito de controlar las infiltraciones. Éstos rodean las áreas detrás del dique principal y empatan con éste, proporcionando una cuenca que pueda inundarse durante las crecidas.
- *Diques rectos*, son los que se proyectan desde el dique principal y sirven para protegerlo de la acción erosiva de las corrientes de los ríos.

2.1.3. Sistemas de diques

Un sistema de diques consiste en diques, muros de contención y estructuras asociadas de drenaje, como canales, zanjales y estaciones de bombeo, que se construyen y operan de acuerdo con las prácticas de la ingeniería de suelos. Todos estos elementos trabajan en conjunto para formar un sistema que permite reducir el riesgo de inundación.

2.2. DISEÑO DE DIQUES

El Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos (US Army Corps of Engineers) en su manual de ingeniería EM 1110-2-1913, describe el procedimiento general para el diseño de diques, como sigue:

1. Realizar un estudio geológico, haciendo una revisión exhaustiva de los datos disponibles, incluido el análisis de las fotografías aéreas. Iniciar las exploraciones preliminares del subsuelo.
2. Analizar los datos previos de exploración y establecer perfiles de suelo preliminares.
3. Iniciar las exploraciones finales para proveer:
 - a. Información adicional sobre los perfiles del suelo.
 - b. Resistencia de los materiales de cimentación.
 - c. Información más detallada sobre las zonas de préstamo y otras excavaciones necesarias.
4. Emplear la información obtenida previamente para:
 - a. Determinar el terraplén, los parámetros del suelo de cimentación y refinar las secciones preliminares cuando sea necesario.
 - b. Calcular las cantidades aproximadas de material adecuado y determinar la cantidad de material de préstamo.
5. Dividir todo el dique en tramos de similares condiciones de cimentación, de altura de la corona y de material de relleno, asignando a cada tramo una sección transversal típica.
6. Analizar cada sección de prueba, según sea necesario para:
 - a. Controlar filtraciones.
 - b. Estabilizar taludes.

- c. Controlar asentamientos.
 - d. Definir el tránsito en la superficie del dique.
7. Diseñar un tratamiento especial para evitar cualquier problema según lo determinado en el paso anterior.
 8. Establecer secciones finales para cada tramo.
 9. Calcularlas cantidades finales de material.
 10. Diseñar las pendientes de los taludes.

2.3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE DIQUES

2.3.1. Evaluaciones geotécnicas

Para evaluar las características geotécnicas de los diques, se toman muestras del subsuelo y se someten a una serie de ensayos que permiten conocer las propiedades físicas y mecánicas del material. Estas pruebas se encuentran definidas y estandarizadas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS). A continuación se presenta una breve descripción de cada una de ellos:

2.3.1.1. Ensayo de penetración normal (SPT) y muestreo de suelos con tubo partido (I.N.V. E – 111 – 07)

El ensayo de penetración normal o estándar (SPT) es el tipo de prueba de penetración dinámica más utilizada en la realización de sondeos, que permite caracterizar el subsuelo en un estudio geotécnico. Consiste en medir el número de golpes (N) necesarios para hincar un tubo partido, una profundidad de 30 cm, para lo que se emplea un martillo de 140 Lb de masa y una altura de caída de 75 cm.

2.3.1.2. Humedad o Contenido de agua (I.N.V. E – 122 – 07)

La finalidad de este ensayo, es determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo. El porcentaje de agua junto con la cantidad de aire presente, constituyen unas de las características más importantes en lo concerniente al comportamiento de suelo, como son los cambios de volumen, la cohesión de las

partículas, entre otros. El contenido de humedad representa la cantidad de agua respecto al peso de los sólidos en un volumen determinado de suelo.

2.3.1.3. Análisis granulométrico de suelos por tamizado (I.N.V. E – 123 – 07)

El análisis granulométrico es utilizado para obtener la distribución del tamaño de partículas en una masa de suelo con el fin de clasificarlo. El Instituto Nacional de Vías, describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 μm (No.200).

2.3.1.4. Límite líquido de los suelos (I.N.V. E – 125–07)

El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado líquido y el estado plástico.

2.3.1.5. Límite plástico e índice de plasticidad de suelos (I.N.V. E – 126–07)

El límite plástico de un suelo es el contenido más bajo de agua, en porcentaje, con el cual, el suelo al ser enrollado en rollitos de 3 mm de diámetro, se agrieta. El índice de plasticidad de un suelo es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro del cual el material está en un estado plástico. Este índice corresponde a la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico del suelo.

2.3.1.6. Compresión inconfiada en muestras de suelos (I.N.V. E – 152–07)

La resistencia a la compresión inconfiada, es la carga por unidad de área a la cual una probeta de suelo, cilíndrica o prismática, falla en el ensayo de compresión simple. Este ensayo es un tipo especial de prueba no consolidada – no drenada que se usa comúnmente para especímenes de arcilla. La resistencia a la compresión inconfiada se emplea también para calificar la consistencia del suelo como muy blanda, blanda, mediana, firme, muy firme y dura de acuerdo con el valor obtenido en la siguiente forma:

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)

Tabla 1: Consistencia del suelo (*Fuente:* Braja, 2001)

2.3.1.7. Corte directo (I.N.V. E – 154 – 07)

La finalidad de este ensayo es determinar la resistencia de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las que existen o existirán en terreno producto de la aplicación de una carga. Se emplea una caja de sección cuadrada, dividida horizontalmente en dos mitades; se aplica una carga vertical de confinamiento y luego una carga horizontal creciente que origina el desplazamiento de la mitad móvil de la caja, originando el corte de la muestra.

2.3.2. Evaluaciones Geomorfológicas

Las evaluaciones geomorfológicas consisten en estudiar la evolución de los suelos, a partir de los procesos que han sufrido en toda su historia, con lo que se puede determinar la estabilidad de los diques y entender los materiales que se encuentran debajo de éstos. Este tipo de análisis se realiza a través de mapas geológicos del área en estudio, mapas topográficos, visitas de campo, revisión de fotos aéreas antiguas e imágenes de satélite.

2.3.3. Otras evaluaciones

Al evaluar diques es necesario realizar estudios complementarios que permitan examinar el desempeño pasado, presente y futuro de la estructura. Para ello, es indispensable analizar la información sobre las crecidas históricas, el régimen de lluvias, la infiltración, el asentamiento, los factores sísmicos, las zonas erosionadas, las condiciones subterráneas y las creadas por el hombre que han afectado el comportamiento normal del dique.

2.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

El análisis de estabilidad de taludes tiene gran importancia en la ingeniería, puesto que establece cuales son los niveles de amenaza y riesgo de los taludes cuando un suelo no tiene la resistencia suficiente para resistir los esfuerzos de corte, que pueden ocasionar un deslizamiento de material o una falla en la estructura.

Las metodologías propuestas por diversos autores, han sido utilizadas para formular medidas de control, prevención y reducción de amenazas de deslizamientos y se centran en el concepto del factor de seguridad.

2.4.1. Análisis de límite de equilibrio

Un análisis de límite de equilibrio consiste en determinar la resistencia en los suelos del talud ante los esfuerzos cortantes que pueden producir falla. A través de este análisis se obtiene un factor de seguridad que es empleado para conocer el nivel de amenaza de un talud, el cual ocasione la falla en las condiciones más críticas de diseño. A continuación se presentan algunos métodos de análisis universalmente conocidos para el cálculo del factor de seguridad:

2.4.1.1. Método Simplificado de Bishop

Bishop asume que todas las fuerzas laterales de corte entre dovelas son nulas. Sólo satisface el equilibrio de momentos y no el de fuerzas horizontales. Es un método aplicable a líneas de rotura circulares.

2.4.1.2. Método Ordinario (Fellenius)

Este método omite todas las fuerzas entre dovelas para satisfacer el equilibrio de fuerzas de la masa deslizante.

2.4.1.3. Método de Janbu

Este método asume que las fuerzas entre dovelas son nulas, sin embargo, presenta un factor de corrección.

2.4.1.4. Método de Morgenstern - Price

Este método satisface todas las ecuaciones de equilibrio (fuerzas y momento). Se basa en la suposición de que la relación de las fuerzas tangenciales y normales en las caras laterales de las dovelas se ajusta a una función. Es de aplicación a líneas cualquiera de falla.

2.4.2. Descenso súbito

El descenso súbito hace referencia al cambio repentino del nivel de agua que se encuentra en contacto con el talud húmedo de un dique. Esta estructura puede llegar a saturarse por la filtración ocasionada por una prolongada lámina de agua durante una crecida. Si posterior a esto, el nivel del río desciende más rápido que lo que el agua de los poros puede escapar, se produce un exceso de presión de poros y la estabilidad del talud se verá reducida considerablemente.

Para efectos de análisis, se supone que el descenso ocurre muy rápidamente, sin drenaje, en materiales de baja permeabilidad. Para suelos con valores de permeabilidad mayores a 10^{-6} m/s, se puede suponer que drenan durante el descenso súbito.

2.4.2.1. Análisis de descenso rápido del nivel de agua con Slide V.5.0, utilizando el método de B barra.

El concepto de presión intersticial en exceso usando el método de barra B, también puede ser aplicado a condiciones de descarga. Si una carga se remueve rápidamente desde un material de baja permeabilidad, una presión intersticial en exceso con valores negativos, puede ser incluida.

El cambio de presión intersticial está dada por:

$$\Delta u = B \Delta \sigma_v \quad \text{Ec. 8}$$

Donde B es el coeficiente de presión intersticial general para un material. En Slide, se utiliza para simular los cambios de presión intersticial debido al descenso rápido del agua en presas de tierra.

En el análisis de descenso rápido se debe tener en cuenta:

- La distribución de presión intersticial inicial es determinada usando los métodos disponibles en Slide, por ejemplo: superficie de agua, coeficiente R_u , cuadrícula de presión, análisis de elementos finitos.
- El cambio en la presión intersticial (método de B barra) se calcula luego, debido a la eliminación (descarga) del agua embalsada. La presión intersticial final en cualquier punto es la suma de la presión intersticial inicial y la presión intersticial en exceso (negativa).
- Para el propósito del cálculo de factor de seguridad, toda agua embalsada es eliminada desde el modelo.

2.5. FALLAS TÍPICAS EN DIQUES

Los diques pueden deteriorarse con el paso del tiempo sino reciben un mantenimiento periódico, llegando incluso a su falla. Entre las causas más comunes que llevan al colapso este tipo de estructuras, se encuentran la erosión de la superficie, la erosión interna, los deslizamientos de los taludes o del suelo de cimentación y las acciones antrópicas. A continuación se describen cada una de ellas (Suárez, 2004):

2.5.1. Erosión superficial

La erosión superficial comprende el desprendimiento, transporte y posterior depósito de materiales de suelo por la fuerza del agua o el viento. En diques, se puede presentar en el talud húmedo, debido a la presión del agua durante una crecida, o en la corona y los taludes, por acción de las precipitaciones. La erosión depende de variables como la pendiente y la topografía del terreno, las propiedades físicas y químicas del suelo, las características de la cobertura vegetal, la cantidad e intensidad de la lluvia y puede involucrar procesos como la escorrentía y la infiltración.

2.5.2. Erosión interna

La erosión interna incluye el transporte de partículas a través de cavernas interconectadas o ductos producidos por el fenómeno de tubificación, a lo largo del cuerpo y/o del material de cimentación. En este tipo de erosión se arrastran partículas finas que pueden producir asentamientos y cárcavas.

Los factores que pueden iniciar un proceso de erosión interna son: compactación deficiente alrededor de conductos o tubos que producen una permeabilidad alta y una concentración de flujo, capas mal compactadas de relleno del núcleo o cuerpo del dique, capas semipermeables que sirven de canal interno de transporte de agua, arcillas dispersivas o solubles que sufren lavado al pasar filtraciones pequeñas de agua, agrietamiento por cambios de humedad, desaparición de la cobertura vegetal y gradientes hidráulicos internos muy altos.

Según Mitchell (1976), la mayoría de las fallas de erosión interna han ocurrido en presas de arcilla de baja a mediana plasticidad (CL Y CL-CH) que contienen algo de Montmorillonita. El ensayo de «Pinhole» fue desarrollado para detectar la presencia de suelos dispersivos que pudieren representar problemas de erosión interna en presas.

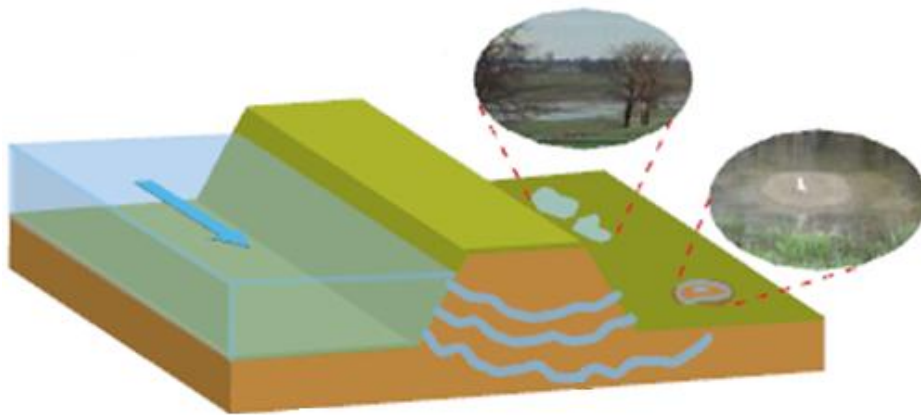


Figura 2: Esquema de erosión interna por debajo de un dique
(Fuente: U.S. Army Corps of Engineers, 2010)

2.5.3. Deslizamiento de los taludes o del suelo de cimentación

Los elementos erosionantes que producen deslizamientos y erosión en masa son la gravedad, el afloramiento de agua y la presión de poros. Ellos generan una disminución de la resistencia al corte, desprendiendo el suelo en cáscaras que fluyen talud abajo.

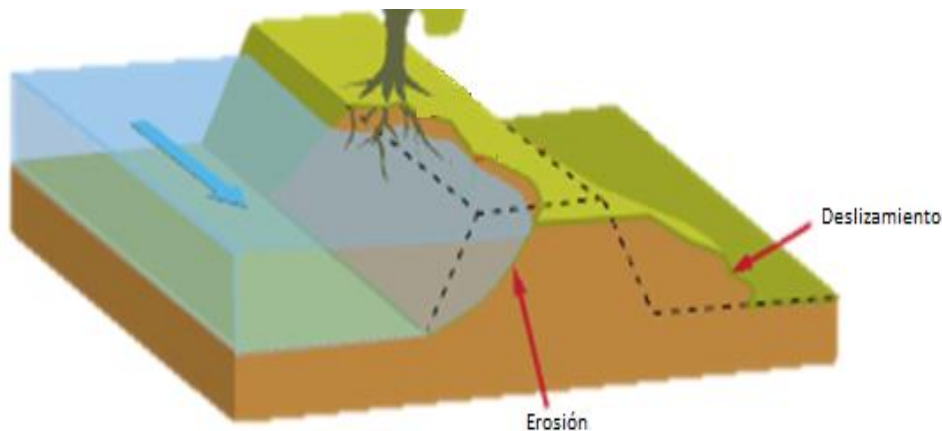


Figura 3: Esquema de erosión superficial y deslizamientos.
(Fuente: U.S. Army Corps of Engineers, 2010)

2.5.4. Acciones antrópicas

El hombre ha sido un permanente modificador de los elementos que conforman la superficie de la tierra y el efecto sobre los taludes, ha sido el de agente desestabilizador. Las principales modificaciones causadas por el hombre y que afectan en forma importante la estabilidad de los taludes son (Suárez, 2004):

1. Cambios en la topografía y cargas del talud
 - a. Descargue del talud por remoción de suelos y rocas por corte.
 - b. Sobrecarga por medio de rellenos, edificios, etc.
 - c. Subsistencia o hundimiento por excavaciones subterráneas (túneles).
2. Cambios en las condiciones de humedad
 - a. Modificación de las condiciones naturales del agua superficial por medio de canales, zanjaz, represas, etc.
 - b. Modificación de las condiciones naturales del agua subterránea por medio de pozos de bombeo, concentración de las infiltraciones, etc.
 - c. Infiltración de ductos de agua, especialmente acueductos y alcantarillados.
 - d. Aceleración de infiltración por la presencia de depósitos de basura y residuos sobre el talud.
 - e. Negligencia en el drenaje superficial y subterráneo.
 - f. Cambio general en el régimen de aguas superficiales.
 - g. Construcción de reservorios o presas.
3. Vibraciones
 - a. Vibraciones de máquinas.
 - b. Vías de comunicación

- c. Explosivos.
 - d. Efectos de la construcción de obras (especialmente el movimiento de maquinaria).
4. Cambios en la cobertura vegetal
- a. Cambio de la estructura y condiciones de la capa superficial de suelo por prácticas de agricultura, pastoreo, tala de bosques, etc.
 - b. Modificación del uso del suelo.
5. Otros factores antrópicos
- a. Negligencia en el manejo de los taludes.
 - b. Utilización de los taludes para el paso de personas y animales.

2.6. LICUACIÓN

La licuación consiste en la pérdida de resistencia al esfuerzo cortante temporal o definitivamente. Entre las causas que la producen se encuentran el incremento de los esfuerzos cortantes actuantes y aumento correspondiente de la presión de poros y el desarrollo rápido de elevadas presiones en el agua intersticial, quizás como consecuencia de un sismo, una explosión, etc.

Las arenas sueltas con $d_{10} \cong 0.1$ mm y coeficiente de uniformidad $C_u < 5$ y los limos con índice de plasticidad menor que 6 son los materiales más susceptibles, tanto formando parte del cuerpo del terraplén, como en un terreno de cimentación o en un talud natural. En la práctica se pueden identificar los suelos licuables como los suelos granulares sueltos cuya resistencia a la penetración estándar es menor o igual a 5 golpes por pie. (NSR-10 – H.7.4)

2.6.1. Fallas por licuación

Existen cuatro tipos básicos de fallas del terreno asociadas a la licuación,

- Flujos de tierra: Ocurre cuando los materiales del suelo se desplazan hacia abajo en un estado licuado.
- Flujo lateral: Desplazamiento de las capas superficiales del suelo por pendientes suaves o hacia superficies libres, como márgenes de un río; causando deformación permanente en el suelo.

- Flotación: Los objetos más livianos que el suelo licuado desplazado, emergen a la superficie.
- Pérdida de resistencia de soporte: Reducción de la capacidad de soporte de los cimientos, debido al debilitamiento del material del suelo adyacente o subyacente, que pueden hacer que las estructuras se hundan.

2.6.2. Factores influyentes en la licuación

De acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2003), para determinar el potencial de licuación, se deben tener en cuenta, siete factores importantes:

- Distribución del tamaño de los granos
- Profundidad de aguas subterráneas
- Densidad
- Peso específico y profundidad del suelo
- Amplitud y duración del sismo
- Edad del depósito
- Origen del suelo

2.6.3. Susceptibilidad a la Licuación

La susceptibilidad a la licuación de un suelo se evalúa usando criterios geológicos, históricos, conociendo su composición o su estado.

Investigaciones indican que el fenómeno de licuación ocurre en los mismos lugares, cuando las condiciones del sitio se mantienen constantes.

Los suelos de depósitos fluviales y eólicos, cuando se encuentran en condición saturada, tienen una alta probabilidad de presentar licuación. Los suelos jóvenes son más susceptibles a presentar licuación que los depósitos antiguos, (Kramer y Stewart, 2004).

2.6.4. Evaluación del Potencial de Licuación

Existen tres enfoques para evaluar el potencial de licuación de un suelo, el enfoque basado en las tensiones, el enfoque basado en las deformaciones y el enfoque basado en la energía.

En este estudio se utilizará el enfoque basado en las tensiones; de acuerdo con éste, la carga impuesta al suelo por un sismo y la resistencia del suelo a licuefacción son caracterizadas en términos de tensiones de corte cíclicas.

2.6.4.1. Procedimientos Empíricos – Método Simplificado

En la evaluación de la resistencia a la licuación, se utilizan, comúnmente, varios ensayos de terreno, entre los que se incluyen, el ensayo de penetración estándar (SPT), ensayo de penetración de cono (CPT), mediciones de velocidad de onda de corte (Vs), ensayo de penetración Becker (BPT). La elección del ensayo depende solamente de la disponibilidad de equipos, las condiciones del sitio y los costos asociados (Youd et al., 1997).

El método simplificado, requiere el cálculo de dos variables sísmicas que son: a) la excitación sísmica de la capa de suelo, expresada en términos de la relación de esfuerzos cíclicos promedio ($CSR = \tau_{pro} / \sigma'_{vo}$); y b) la capacidad que tiene la capa de suelo para resistir la licuación, en términos de la relación de resistencia cíclica (CRR).

La relación de esfuerzos cíclicos (CSR), se obtiene estima mediante la siguiente ecuación, recomendada por Seed e Idriss (1971).

$$CSR = \frac{\tau_{pro}}{\sigma'_{vo}} = 0.65 \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) r_d \quad Ec. 1$$

Donde:

a_{max} = Máxima aceleración que se espera en el lugar

g = Aceleración debido a la gravedad

σ_{vo} y σ'_{vo} = Esfuerzos verticales totales y efectivos

r_d = Factor de reducción de profundidad, introducido para considerar la variación de la tensión de corte, que se atenúa con la profundidad, debido al comportamiento elástico de suelo.

Según Youd et al. (1997), las siguientes ecuaciones pueden ser usadas para estimar los valores del factor de reducción, con la variable z en metros:

$$r_d = 1.00 - 0.00765z \quad \text{para } z \leq 9.15 \quad \text{Ec. 2}$$

$$r_d = 1.174 - 0.02670z \quad \text{para } 9.15 < z < 23 \quad \text{Ec. 3}$$

2.6.4.1.1. Correcciones pertinentes – Procedimiento Simplificado

Los valores de N , medidos en campo, se deben corregir mediante la ecuación 4 con los factores, mostrados en la tabla N° 2, recomendados por Youd e Idriss (1997):

$$(N_1)_{60} = N_m C_N C_E C_B C_R C_S \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

$(N_1)_{60}$ = Resistencia corregida

N_m = valor medido de la resistencia a la penetración estándar;

C_N = factor de corrección por presión de sobrecarga;

C_E = corrección por la energía que entrega el martillo ($C_E = ER/0.60$);

C_B = corrección por el diámetro de la perforación;

C_R = factor de corrección por longitud del varillaje de perforación;

C_S = factor de corrección por el tipo de muestreador

FACTOR	VARIABLE	SIMBOLO	CORRECCION
Presión de Sobrecarga		C_N	$(P_a/\sigma'_{v0})^{0.5} * C_N \leq 2$
Relación de Energía	Martillo cilíndrico Martillo de seguridad Martillo automático cilíndrico	C_E	0.5 – 1.0 0.7 – 1.2 0.8 – 1.3
Diámetro de Perforación	65 – 115 mm 150 mm 200 mm	C_B	1.0 1.05 1.15
Longitud del Varillaje	3 – 4 m 4 – 6 m 6 – 10 m 10 – 30 m > 30 m	C_R	0.75 0.85 0.95 1.0 < 1.0
Tipo de Muestreador	Cuchara partida estándar Cuchara partida sin liners	C_S	1.0 1.1 – 1.3

Tabla 2: Factores de corrección para los Valores de N medidos en el SPT (Youd e Idriss, 1997)

El valor de la relación de resistencia cíclica, CRR , puede determinarse de dos maneras: la primera es utilizando las curvas empíricas, propuestas por Youd et al., (1997), para valores bajos de $(N_1)_{60}$, en un sismo de magnitud de momento $M_w = 7.5$.

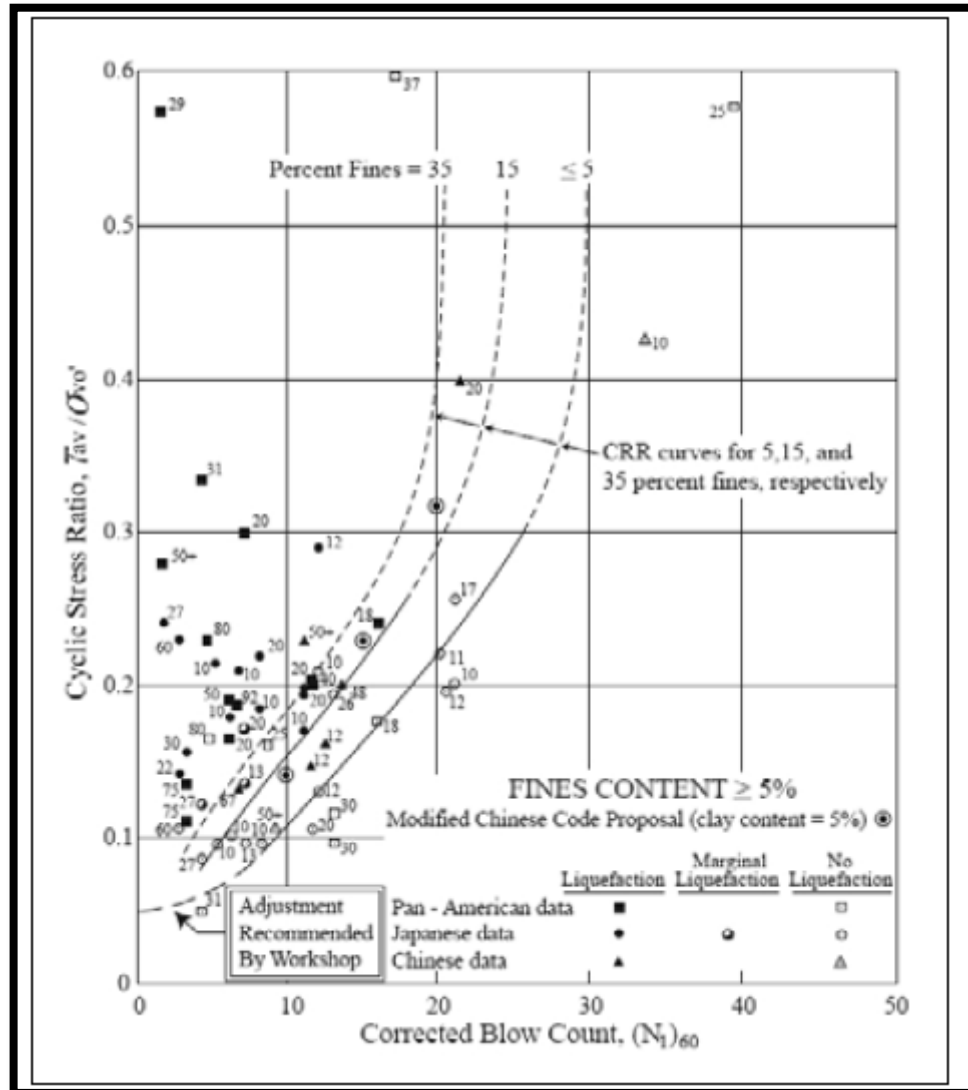


Tabla 3: Curvas para cálculo de la relación CRR a partir del SPT (Youd e Idriss, 1997)

La segunda manera es mediante una aproximación más simple de la curva CRR, desarrollada por Youd en el año 2001, utilizando la siguiente ecuación:

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34-(N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{[10(N_1)_{60}+45]^2} - \frac{1}{200} \quad Ec. 5$$

Adicionalmente, es necesario utilizar factores de escala por magnitud del sismo (MSF, Magnitud Scaling Factor), esto se debe a que la fórmula desarrollada por Youd, para calcular la relación de resistencia cíclica, CRR, está dada para un sismo de magnitud 7.5. A continuación se muestran los rangos recomendados de factores de escala, dependiendo de la magnitud del sismo aplicada:

Magnitud	MSF
5,5	2,20–2,80
6,0	1,76–2,10
6,5	1,44–1,60
7,0	1,19–1,25
7,5	1,00
8,0	0,84
8,5	0,72

Tabla 4: Factores de escala dependiendo de la magnitud del sismo

Una vez escogido el factor de escala, se procede a corregir la relación de resistencia cíclica, de la siguiente manera:

$$CRR_{corr} = CRR_{7.5} \times MSF \quad Ec. 6$$

2.6.4.1.2. Factor de seguridad

Una vez realizado el anterior procedimiento, se puede determinar el factor de seguridad de resistencia a la licuación (FS_L), comparando la relación CSR con la relación CRR . Si la relación de tensión cíclica, CSR , es mayor que la relación de resistencia cíclica, CRR , se generará licuación durante el sismo de la magnitud evaluada; de lo contrario, si CSR es menor que CRR , no se presentará licuación.

$$FS_L = \frac{CRR \times MSF}{CSR} \quad Ec. 7$$

Si el factor de seguridad contra licuación es menor que 1.1, la licuación será inminente cuando se presente un sismo con la magnitud señalada; si el factor de seguridad es mayor que 1.3, no ocurrirá licuación; si este factor está entre 1.1 y 1.3, existirá la posibilidad de que se genere licuación, si se presenta un sismo de una magnitud mayor a la asumida o si las condiciones del terreno se ven afectadas por otros factores.

3. GENERALIDADES

3.1. DIQUE SOBRE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO CAUCA EN CALI

3.1.1. Descripción

El dique del río Cauca, comúnmente llamado Jarillón, fue construido por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC, entre 1958 y 1961, para proteger la zona oriental de Cali de posibles inundaciones. Esta estructura compuesta principalmente de arcilla, tiene una altura variable entre 3,0 m y 5,0 m y una longitud total de 21 km. En el transcurso de sus años de servicio, se ha visto afectada por diferentes factores: presencia de pobladores sobre su cuerpo y en la berma, escombros, hormiga arriera, entre otros.



Figura 4: Situación inicial del dique del río Cauca en Santiago de Cali

(Fuente: Periódico El País – Diciembre 19 de 2010)

Situación actual del dique



Figura 5: Situación actual del dique del río Cauca en Santiago de Cali

(Fuente: Periódico El País – Diciembre 19 de 2010)

3.1.2. Localización del tramo de investigación

Se determina como zona de estudio, 550 metros de longitud del dique sobre la margen izquierda del río Cauca en Cali, en el sector denominado La Playa Renaciente, el cual en los años de 1938, 1949 y 1950 fue el más afectado por las crecidas del río Cauca.

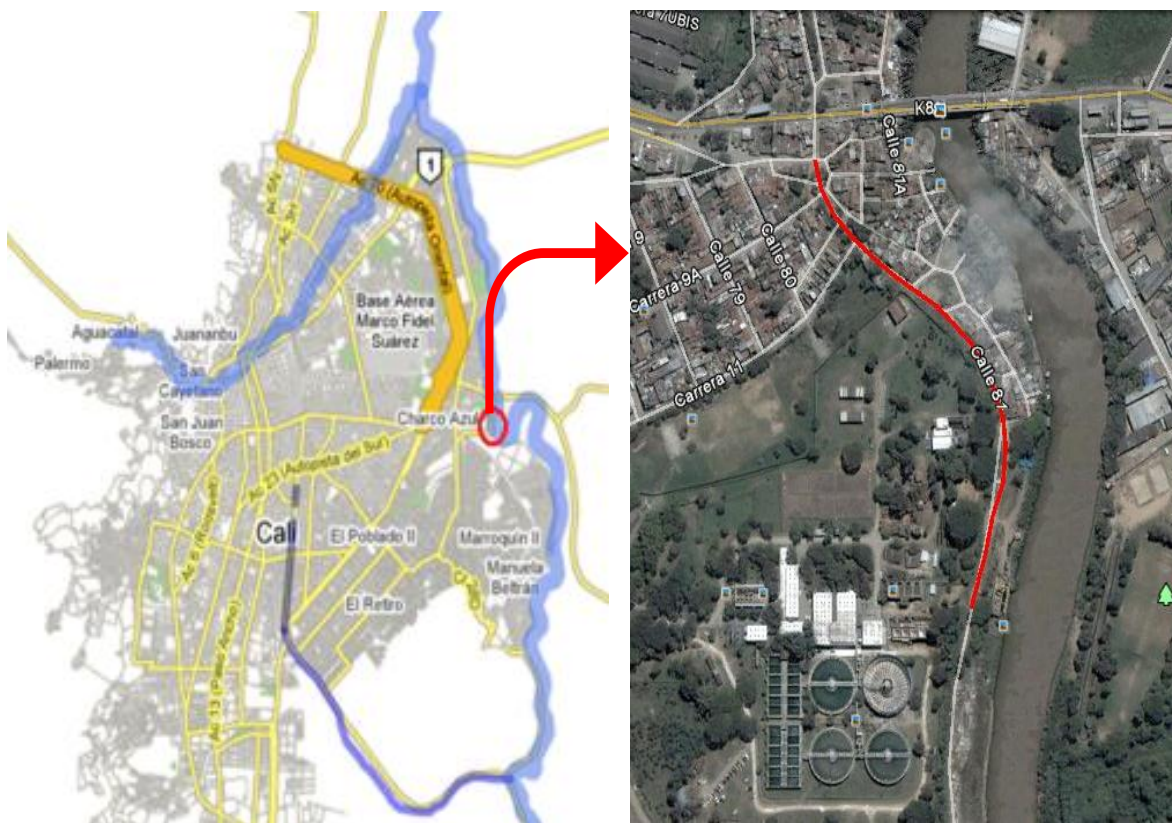


Figura 6: Localización del sector de investigación

(Fuente: Google Earth)

3.2. LA PLAYA RENACIENTE

3.2.1. Localización

La Playa Renaciente que corresponde al sector en estudio, es un asentamiento humano que se encuentra en la Comuna 7 de Santiago de Cali. Se localiza al nororiente de la ciudad, limita al norte con el barrio Puerto Nuevo, al sur con la Planta de Tratamiento Puerto Mallarino, al oriente con el río Cauca y al occidente con el barrio Alfonso López Etapa 3.



Figura 7: Sector La Playa Renaciente

(Fuente: Google Earth)

3.2.2. Historia

La Playa Renaciente comenzó como asentamiento humano en el año de 1800, donde primeramente habitaron esclavos traídos de África que habían logrado evadir el trabajo en las grandes haciendas. Con el tiempo, se sumaron decenas de familias desplazadas de diversos lugares del sur del país.

3.2.3. Economía

Entre las actividades económicas que realizan los pobladores de La Playa Renaciente se encuentran la comercialización de guadua, la extracción de arena del río Cauca y la pesca.

4. MARCO METODOLÓGICO

4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio corresponde a una investigación descriptiva, dado que su intención es conocer el estado, las características actuales y los fenómenos que se pueden presentar en el dique de la margen izquierda del río Cauca en Santiago de Cali en el sector La Playa Renaciente.

4.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio es experimental, porque para cumplir con el objetivo propuesto, se realizaron intervenciones en el dique, que permitieron determinar ciertos parámetros que al ser evaluados en escenarios específicos, ayudaron a predecir el comportamiento de la estructura.

4.3. POBLACIÓN

De los 21 km de longitud que tiene el dique sobre la margen izquierda del río Cauca en Santiago de Cali, se tomaron 550 m para el desarrollo de esta investigación. Las razones de elección de esta zona de estudio, corresponden principalmente, a la comunicación previa establecida con los líderes comunitarios de La Playa Renaciente que permitieron la entrada, permanencia y realización de los trabajos de campo, así como el hecho de conocer que este sector de la ciudad fue el más afectado por las lluvias durante 1938 y 1950.

4.4. MUESTRA

La muestra para este estudio corresponde a los sondeos realizados en el sector La Playa Renaciente. En él, se efectuaron seis (6) perforaciones de 10 m de profundidad cada una. Este muestreo es de tipo intencional no probabilístico.

4.5. MÉTODO DE TRABAJO

Para cumplir cabalmente los objetivos propuestos, esta investigación se realizó por fases que se detallan a continuación:

4.5.1. Documentación

Esta etapa constó del análisis de fuentes bibliográficas, realizado a través de la recopilación, clasificación y filtrado de la información teórica y técnica encontrada en artículos, estudios e investigaciones relacionadas con diques: diseño, construcción, mantenimiento y rehabilitación.

4.5.2. Recolección y análisis de información

En esta fase se realizó el acopio y análisis de la información correspondiente al dique del río Cauca. Para ello, se acudió a la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), en la cual se facilitó una copia del Proyecto de Aguablanca (Informe C-797. Número de registro: 01142), donde se especifican los criterios de diseño hidrológico e hidráulico que permitieron definir los parámetros mecánicos y constructivos del dique en mención.

4.5.3. Permisos

Para realizar las intervenciones planeadas, fue necesario solicitar permiso a la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca –CVC-, como máxima autoridad ambiental en el departamento.

4.5.4. Visita de reconocimiento

El estudio geotécnico inició con una visita de reconocimiento, realizada el día 27 de Mayo de 2011, al sector de investigación conocido como La Playa Renaciente, en la cual se hizo un recorrido sobre la corona del dique, las zonas adyacentes y un viaje en lancha desde el puente Juanchito hasta el Canal Interceptor CVC – Sur. En ella fue posible la definición previa de los puntos de exploración, así como la identificación de problemas como disposición inadecuada de residuos, escombros en la berma y socavación. (Ver Anexo A).

4.5.5. Trabajo de campo

En la etapa de los trabajos de campo, constituidos por exploraciones del subsuelo y labores de muestreo, se tomaron muestras con tubos de pared delgada según lo dispone el Instituto Nacional de Vías –INVÍAS- en la norma INV E – 105 – 07 y se realizó el Ensayo de Penetración Estándar (INV E – 111 – 07). Se efectuaron seis (6) perforaciones, de diámetro cuatro pulgadas (4”), con taladro de percusión hasta una profundidad de 10 metros cada una. La distribución de éstas es la siguiente: tres de ellas se ubicaron en la corona, dos en la berma o zona húmeda y una en el lado seco. Su localización en el sector de estudio, se especifica en el Anexo B.

En todas las perforaciones se practicó el Ensayo de Penetración Estándar (SPT), cuyas muestras alteradas representativas permitieron obtener la caracterización del suelo a través de los ensayos de laboratorio (Ver Anexo C). Se tomaron además, tres muestras inalteradas, con tubos shelby, las cuales se obtuvieron como sigue: dos de ellas, de la perforación N° 3, a 2 m y 5 m, respectivamente y la última, de la perforación N° 4 a 5 m de profundidad. Cabe mencionar que uno de los tubos shelby (S-1 de la perforación N° 3) se dañó durante la realización del ensayo.

Los registros de perforación se adjuntan al final de este informe en el Anexo D.

4.5.6. Ensayos de laboratorio

En esta etapa se realizaron los ensayos de laboratorio necesarios para determinar los parámetros mecánicos del suelo, requeridos para esta investigación. Las pruebas efectuadas fueron:

- Humedad o Contenido de agua (I.N.V. E – 122 – 07)
- Análisis granulométrico de suelos por tamizado (I.N.V. E – 123 – 07)
- Límite líquido de los suelos (I.N.V. E – 125–07)
- Límite plástico e índice de plasticidad de suelos (I.N.V. E – 126–07)
- Compresión inconfiada en muestras de suelos (I.N.V. E – 152–07)
- Consolidación (I.N.V. E – 151 – 07)
- Corte directo (I.N.V. E – 154 – 07)

Se adjunta una matriz con la cantidad de ensayos realizados por cada perforación:

Perforación N°	N° de muestras	Humedad natural	Gradación completa	Límites de Atterberg	Compresión inconfiada	Consolidación
1	7	7	7	5	0	0
2	7	7	7	3	0	0
3	5	5	5	4	0	0
4	5	5	5	3	1	1
5	7	7	7	6	0	0
6	6	6	6	4	0	0
TOTAL	37	37	37	25	1	1

Tabla 5: Matriz de ensayos de laboratorio

Los ensayos de humedad natural, análisis granulométrico y límites de Atterberg se realizaron de las muestras alteradas del Ensayo de Penetración Estándar.

Para los ensayos de compresión inconfiada y consolidación, se empleó la muestra inalterada S-1 de la perforación N° 4, dado que la muestra S-2 de la perforación N° 3, no se pudo recuperar en el laboratorio. Cabe mencionar que debido a la cantidad insuficiente de esta muestra, fue imposible realizar el ensayo de corte directo, por lo que fue necesario realizar, en una visita posterior, un apique del que se pudo obtener el valor de la cohesión y del ángulo de fricción entre partículas, para los casos no consolidado – no drenado y consolidado – no drenado.

Los parámetros del suelo obtenidos en laboratorio son:

ENSAYO		PARÁMETRO		OBSERVACIÓN
Compresión inconfiada		$q_u = 1,09 \text{ kg/cm}^2$		
Consolidación		$10^{-10} \text{ m/s} < K < 10^{-9} \text{ m/s}$		Sobreconsolidado
Corte directo	UU	$C_u = 24 \text{ kPa}$	$\Phi = 21^\circ$	
	CU	$C_u = 19 \text{ kPa}$	$\Phi = 33^\circ$	

Tabla 6: Parámetros del suelo

Los detalles de cada uno de los resultados de los ensayos de laboratorio se encuentran en el Anexo E.

5. ESTUDIO GEOTÉCNICO

5.1. ESTRATIGRAFÍA DEL SUBSUELO DEL PROYECTO

Para conocer la disposición y variación de los estratos de suelo en la estructura del dique, se realizaron ensayos rutinarios de laboratorio para determinar el contenido de agua, los límites de Atterberg, el índice de plasticidad, el tipo de material, la resistencia a la compresión y al corte directo.

Las perforaciones realizadas en el subsuelo del dique del río Cauca, en el tramo seleccionado de 550 metros, muestran presencia elevada de materiales limo-arcillosos y areno-limosos de baja plasticidad y de rellenos provenientes de escombros de construcción. A continuación se describen las principales propiedades geotécnicas de los materiales que conforman el subsuelo del dique.

La estratigrafía detallada se presenta en los perfiles (Ver Anexo F).

5.1.1. Perforaciones localizadas en la corona del dique

Capa A - Superficialmente se hallaron dos capas de suelo, la primera a una profundidad de 1.0 m a 2.5 m, entre las perforaciones P1 y P4 correspondiente a un limo arcilloso de alta plasticidad, color café oscuro con vetas grises; la segunda a una profundidad de 0.8 m a 1.7 m, conformada por un relleno de arena limosa color café oscuro con contenido de desechos de construcción. Estas capas se caracterizan por tener plasticidad alta.

Capa B – A continuación se encuentra una capa de relleno de suelo fino de baja plasticidad, con límite líquido entre 36% y 45%, límite plástico entre 20% y 40% y humedad natural promedio de 27%. Esta capa se localiza a lo largo de toda la longitud de la corona del dique con una profundidad de 1.7 m a 4.0 m aproximadamente.

Capa C – Entre las perforaciones P1 y P4 se encuentra una capa de 3 m de espesor, desde una profundidad de 3.5 m a 6.5 m, compuesta por limo arcilloso de baja plasticidad color café con trazas negras, rojizas y grises.

Su límite líquido varía entre 38% y 48% y clasificación según USCS, de ML, limo de baja plasticidad. Esta descripción corresponde a dos subcapas, indicadas en el perfil estratigráfico longitudinal de la corona, mostrado en el Anexo F, cada una de las cuales se diferencia según el número de golpes obtenidos mediante el Ensayo de Penetración Estándar (SPT), así: en la subcapa superior se obtuvo una resistencia del suelo de 7 golpes, mientras que en la subcapa inferior el número de golpes fue de 16.

Capa D – Lente de arcillas y limos inorgánicos, color café claro con trazas grises, espesor aproximado de 5 m, plasticidad de media a baja. Su contenido de humedad varía entre 26% y 37%.

Capa E – Lente de arena mal gradada con partículas de limo, de color café y gris con vetas negras y grises, de consistencia no plástica y porcentaje de humedad de aproximadamente 11%. Este estrato se encuentra a una profundidad de 6.5 m a 10 m, hasta donde llegó la exploración del subsuelo, entre las perforaciones P1 y P4. Su resistencia promedio a la penetración fue de aproximadamente 23 golpes.

Capa F – Compuesta de limos arcillosos de alta plasticidad, su coloración es café con gris verdoso, contiene trazas amarillas. El límite líquido varía entre 51% y 56%, el límite plástico es en promedio de 30.5% y el porcentaje de humedad de aproximadamente 40.5%. Se presenta entre las perforaciones P4 y P5 desde una profundidad de 8 m hasta los 10 m que corresponden al final de la exploración del subsuelo.

5.1.2. Perforaciones localizadas en el lado húmedo del dique, P2 y P6

Capa A – Con una profundidad de 1.2 m a 3.5 m, se localiza una capa de relleno de arena limosa mal gradada de color café y gris que contiene desechos y trazas negras y grises, de plasticidad baja a nula, el porcentaje de humedad se encuentra entre 14 y 24%.

Capa B – Con un espesor de aproximadamente 9 metros, se localiza inmediatamente después de la capa A, un estrato de suelo compuesto por arcillas y limos de plasticidad media y baja, presenta trazas color gris y amarillas.

Capa C – Lente conformado por un limo arcilloso color gris verdoso de alta plasticidad.

Capa D – Lente de arena limosa color gris oscuro de consistencia no plástica, con porcentaje de humedad entre 13% y 14%; su espesor es de 3.8 m aproximadamente.

5.1.3. Perfil transversal entre las perforaciones P3 (lado seco del dique) y P6 (lado húmedo del dique)

Capa A – Se encontraron dos capas de suelos superficialmente, la primera entre 2.0 m y 3.5 m de profundidad, cercana a la perforación P3, compuesta de un relleno de suelo fino particularmente limo y arcilla de baja plasticidad, con presencia de partículas de arena color café con vetas color gris y rojiza, contiene desechos de construcción y basura, el porcentaje de humedad varía entre 18% y 22%. La segunda capa se localiza desde la mitad de las dos perforaciones (P3 y P6) hasta la perforación P6, contiene un relleno de arena limosa (SM) de color café claro y oscuro, con presencia de gravilla, carbonilla y desechos. Su consistencia es no plástica.

Capa B – Estrato muy extenso de suelo, contiene arcilla de baja plasticidad de colores café, amarillo y gris, con trazas grises claras, límite de plasticidad entre 21% y 32%, límite líquido entre 31% y 46% y porcentaje de humedad entre 25% y 46%. Su espesor es de aproximadamente 5.5 m y va desde una profundidad de 2.5 m hasta 8 m.

Capa C – Lente de arena limosa color gris verdoso con trazas amarillas, no plástico. La resistencia a la penetración de este suelo varía entre 24 y 29 golpes.

Capa D – Lente de suelos con características de limo, consistencia no plástica, color café con trazas grises. Espesor aproximado de 2 m.

6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD

Para el análisis de estabilidad de los taludes del dique en estudio, se empleó el producto Slope/W del programa comercial GeoStudio 2007, versión libre para estudiantes. Este software utiliza el análisis de límite de equilibrio, cuyos parámetros incluyen la topografía del talud, la estratigrafía, el ángulo de fricción, la cohesión, el peso unitario, el nivel freático y las cargas externas. A través de este análisis se obtiene un factor de seguridad que permite determinar el equilibrio de la estructura, teniendo en cuenta varios escenarios.

6.1. MODELOS DE ANÁLISIS

El método de análisis de estabilidad de taludes elegido en el programa Slope/W fue el de Morgenstern – Price, el cual satisface las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y momentos y, según la literatura, proporciona resultados más precisos.

Como el dique tiene una sección transversal simétrica, los análisis se realizaron respecto al talud húmedo que corresponde al sector más vulnerable de la estructura, dado que es la parte de ella que tendrá que resistir las presiones del agua en caso de una crecida del río y además, es en la que algunos pobladores han construido sus viviendas.

Para este análisis se modelaron cinco situaciones particulares:

1. Talud húmedo con fuerza actuante su peso propio.
2. Talud húmedo con fuerza actuante su peso propio y condición inundada.
3. Talud húmedo con fuerzas actuantes su peso propio, las viviendas construidas sobre él y la acción de un sismo.
4. Talud húmedo con fuerzas actuantes su peso propio, las viviendas construidas sobre él, condición inundada y la acción de un sismo.
5. Descenso súbito

El procedimiento general llevado a cabo para el modelado de la estructura fue:

- Se dibujó un bosquejo de la estructura en el software Autocad y luego se importó al programa Slope/W.
- Los parámetros necesarios para utilizar este criterio de falla son el peso específico, la cohesión y el ángulo de fricción, de cada estrato de suelo. Para ello, se detalló la estratigrafía del talud según los resultados de los sondeos, con los que se identificaron cuatro tipos de suelo, con pesos específicos que varían desde la corona hasta la base como sigue: 16 KN/m³, 18 KN/m³, 19 KN/m³ y 17 KN/m³.¹ Los valores de la cohesión y el ángulo de fricción se tomaron del ensayo de corte directo no consolidado – no drenado, UU, debido a que es la condición más crítica e hipotética que se podría presentar. Ellos son:

$$\phi = 21^{\circ}$$

$$C_u = 24 \text{ kPa}$$

Estos valores se tomaron constantes para todos los estratos, debido a la cantidad insuficiente de muestras que impidieron la realización de más ensayos de corte directo.

- Para este análisis, el peso de las viviendas que reposan en el talud húmedo del dique se tomó de 10 kN/m².
- En el análisis de condición inundada se tuvo en cuenta, para las condiciones de presión de poros, el factor Ru.
- Se trazó el nivel freático más crítico, suponiéndolo constante de acuerdo al nivel más alto encontrado durante las exploraciones del subsuelo, valor que corresponde a 6.5 m medidos desde la corona.

Para cada caso, se verifica si hay algún error y se ejecuta el análisis. Éste arroja un factor de seguridad único, las características de las dovelas, en especial la dovela crítica, y la superficie posible de falla.

A continuación, se adjuntan los modelos establecidos en el programa para cada caso analizado:

¹ Valores obtenidos en laboratorio.

6.1.1. Análisis N° 1 – Talud húmedo con fuerza actuante su peso propio

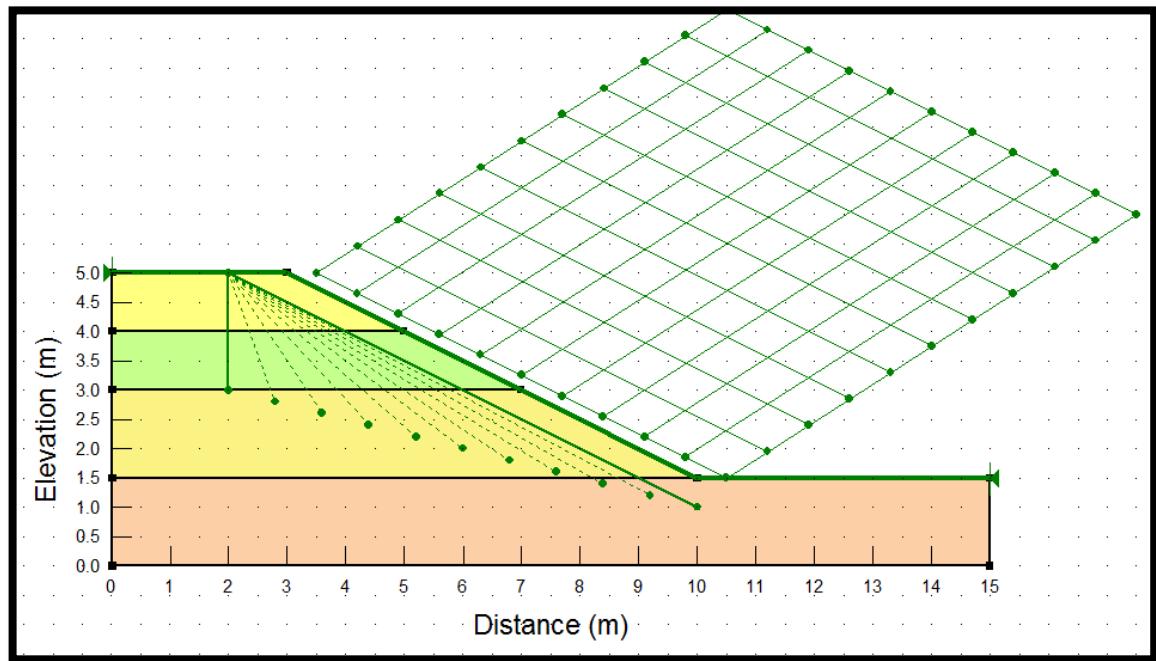


Figura 8: Modelo del talud húmedo con fuerza actuante su peso propio

6.1.2. Análisis N° 2 – Talud húmedo con fuerza actuante su peso propio y condición inundada

Para este análisis, adicional a la fuerza producida por el peso propio de la estructura del dique, se aplican fuerzas normales en la corona y el talud húmedo, simulando una condición inundada. El modelo resultante fue:

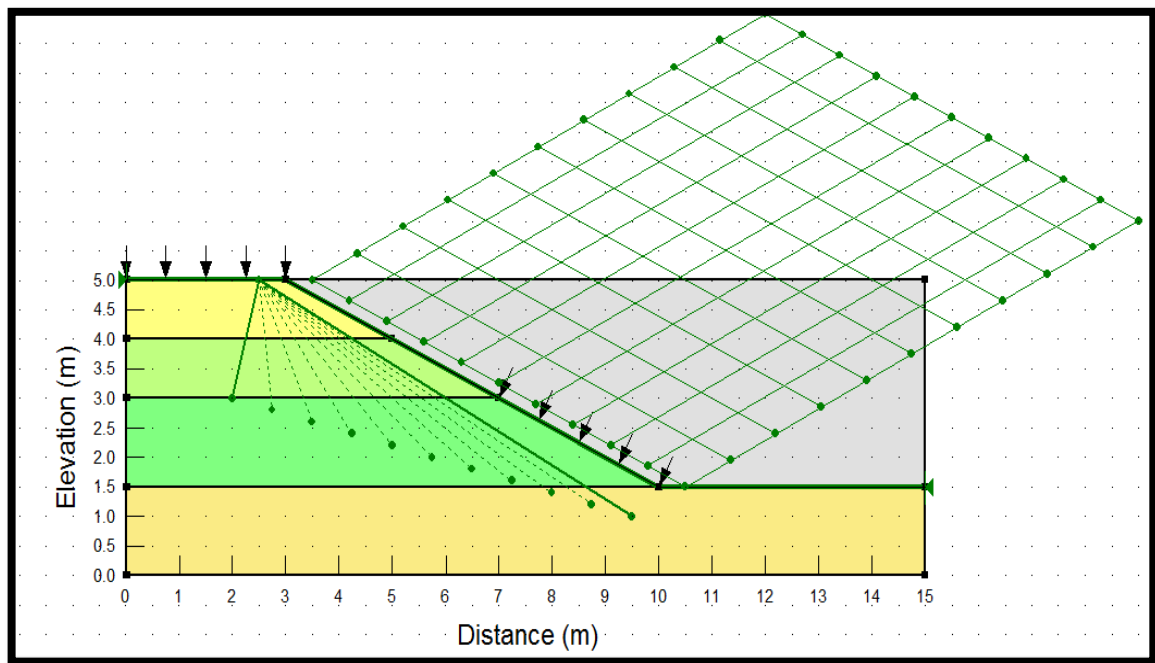


Figura 9: Modelo del talud húmedo y la corona bajo condición inundada

6.1.3. Análisis N° 3 – Talud húmedo con fuerzas actuantes su peso propio, las viviendas construidas sobre él y la acción de un sismo

Se ejecutó nuevamente el programa Slope/W, pero esta vez, además de la carga debida a su peso propio, se le adicionó una carga proporcionada por las viviendas localizadas en el talud húmedo y un sismo con coeficiente de aceleración horizontal efectiva igual a 0.25g. El modelo generado en el software fue el siguiente:

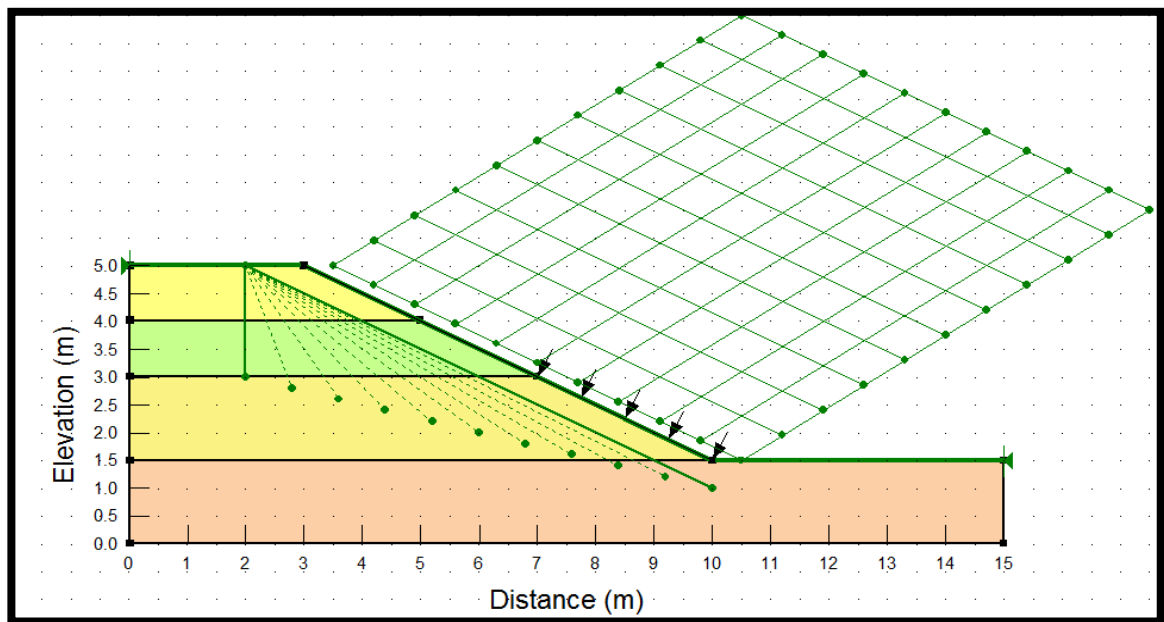


Figura 10: Modelo del talud húmedo con fuerzas actuantes su peso propio, las viviendas construidas sobre él y la acción de un sismo

6.1.4. Análisis N° 4 – Talud húmedo con fuerzas actuantes su peso propio, las viviendas construidas sobre él, condición inundada y la acción de un sismo

Se presenta el escenario más desfavorable: talud húmedo con fuerzas actuantes su peso propio, las viviendas construidas sobre él, condición inundada y la acción de un sismo:

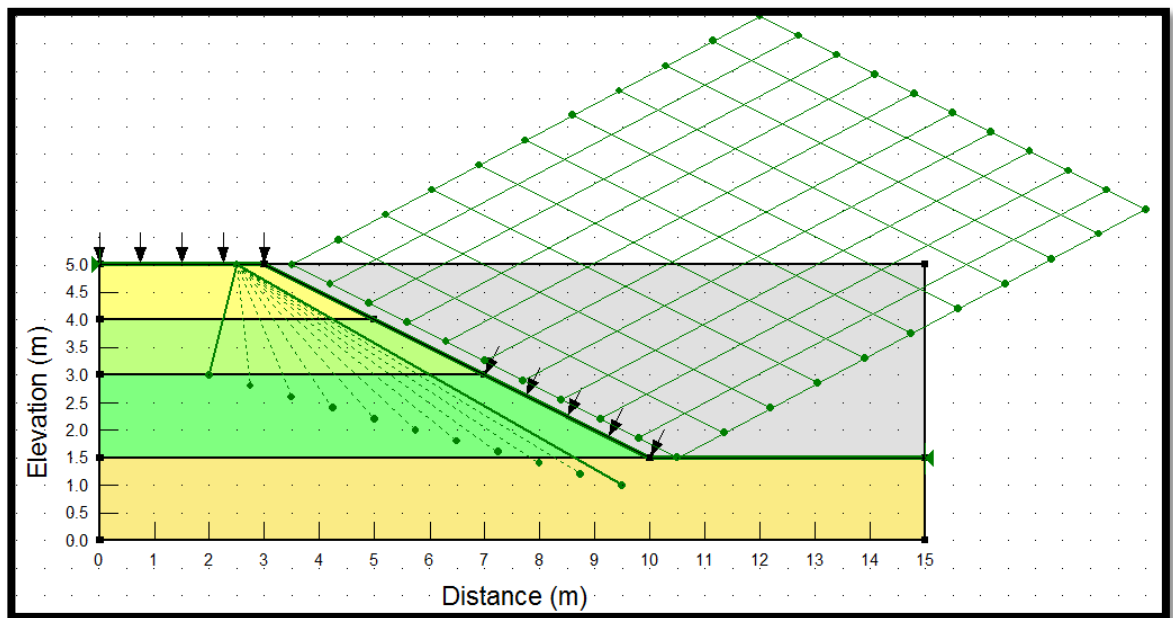


Figura 11: Modelo del talud húmedo con fuerzas actuantes su peso propio, las viviendas construidas sobre él, condición inundada y la acción de un sismo

6.1.5. Análisis N° 5 – Descenso súbito

Para el análisis de estabilidad por descenso súbito o rápido del nivel de agua se empleó el programa Slide v5.0, versión libre estudiantil, ya que éste cuenta con las herramientas para el modelado de esta situación. La vista del modelo es la siguiente:

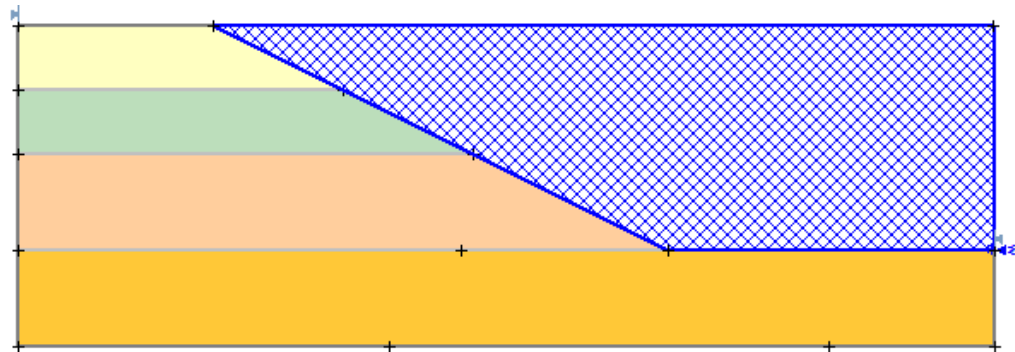


Figura 12: Modelo para el análisis de descenso súbito

El análisis de descenso súbito se realizó en dos etapas: en la primera se obtuvo un factor de seguridad con el nivel de agua hasta la altura de la corona y en la segunda, se obtuvo el factor de seguridad cuando ocurre un desembalse rápido de la columna de agua. Esta comparación permite conocer la variación de la presión de poros intersticial en el material que conforma el dique y así determinar si la estructura es estable, presentará una falla o incluso, colapsará.

Cabe mencionar que el análisis de descenso súbito se realizó bajo la premisa de que el nivel de agua alcance la altura máxima de la corona, debido a una crecida inesperada del río Cauca, y que el posterior descenso de la lámina de agua, se produzca en un tiempo tan corto que el dique no logre saturarse.

Los resultados de todos los análisis de estabilidad de talud, se presentan en el capítulo 8.

7. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LICUACIÓN

El método aplicado para evaluar el potencial de licuación en esta investigación es el Procedimiento Simplificado, debido a que permite obtener la vulnerabilidad del suelo ante este fenómeno, a través del Ensayo de Penetración Estándar que fue la única prueba de campo realizada en la exploración del subsuelo.

Para efectuar este análisis se asumió una aceleración máxima del suelo de 0.25g, valor sugerido por el Estudio de Microzonificación Sísmica de la ciudad de Santiago de Cali para este sector.

Se corrigió el número de golpes (N) por factores como la presión de sobrecarga, relación de energía, diámetro de perforación, longitud de varillaje y tipo de muestreador, según lo muestra la Tabla 2.

El sismo con el que se evaluó el potencial de licuación es de magnitud 6.8, valor tomado de un estudio reciente realizado por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca –CVC- en convenio con el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente –DAGMA- para evaluar dicho fenómeno.

Este método, calcula el factor de seguridad como la relación de la resistencia cíclica (CRR) sobre los esfuerzos cíclicos (CSR) para un sismo de magnitud 7.5. Dado que en este estudio, el sismo es de magnitud 6.8, se aplica un factor adicional por escala del sismo (MSF) que para este caso tiene un valor de 1.33.

Los resultados de este análisis se presentan en el Capítulo 8.

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1. ENSAYOS DE LABORATORIO

De las pruebas realizadas a las muestras obtenidas durante la exploración y el muestreo, se pueden identificar dos tipos de suelos presentes en el subsuelo de la zona de estudio: el primero, corresponde a un suelo fino con porcentajes de partículas de diámetro inferior a 75 micras, localizados en los estratos superiores y en el cuerpo del dique. El otro tipo de suelo se puede identificar como arena limosa, encontrada como parte integral del dique y subyaciendo hacia la zona de apoyo del mismo.

En el ensayo de compresión simple, se obtuvo un valor para la resistencia máxima a la misma de $1,09 \text{ Kg/cm}^2$ para los suelos finos, con pesos unitarios cercanos a $1,8 \text{ ton/m}^3$. Este suelo es preconsolidado, con valores de permeabilidad del orden de 10^{-7} cm/s . Los valores del ángulo de fricción entre partículas son superiores a 21° y los valores de cohesión fueron de $0,24 \text{ kg/cm}^2$ y $0,19 \text{ kg/cm}^2$ para las pruebas UU y CU, respectivamente.

De los anteriores resultados, se puede determinar que el suelo es sobreconsolidado, debido a que el material que conforma el dique, es un material de préstamo, el cual mediante un procedimiento de estabilización mecánica, fue conformado y compactado para dar forma al mismo, incrementando la relación peso volumen, de un estado suelto a un estado denso, logrando una masa de suelo con condiciones de muy baja permeabilidad.

8.2. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

8.2.1. Análisis N° 1 – Talud húmedo con fuerzas actuantes su peso propio y las viviendas construidas sobre él

Al ejecutar el programa, se obtuvo gráficamente el siguiente resultado:

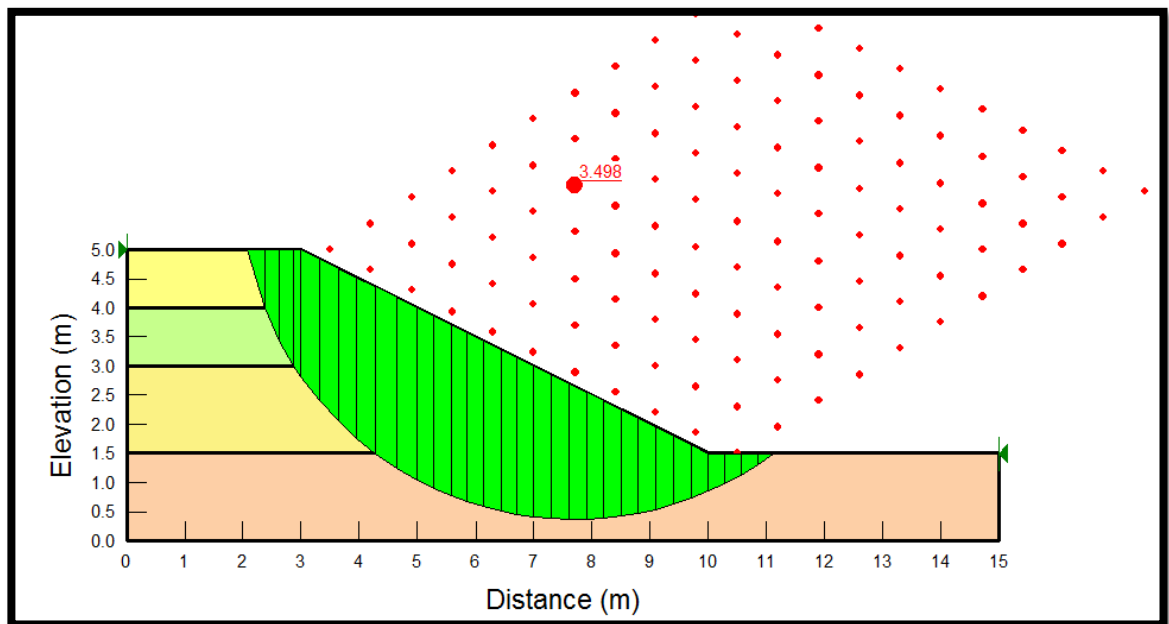


Figura 13: Resultados de la modelación del talud húmedo con fuerza actuante su propio peso

De lo anterior, se puede concluir que el factor de seguridad para esta condición es de 3.5, que al ser un valor que supera el requerimiento mínimo de 1.5, indica que el talud no presentará falla ni deslizamiento. A pesar de ello, el programa arroja una superficie potencial de falla, que corresponde a la más probable para que se produzca un deslizamiento. Ésta es particular para suelos blandos, es de tipo rotacional y ocurre en el pie del talud. Si la falla llegara a suceder, los esfuerzos cortantes serían iguales en todos los puntos a lo largo de este círculo de falla.

El programa arroja información sobre las fuerzas actuantes en cada una de las dovelas. A continuación se muestran las fuerzas a las que está sometida la dovela más crítica:

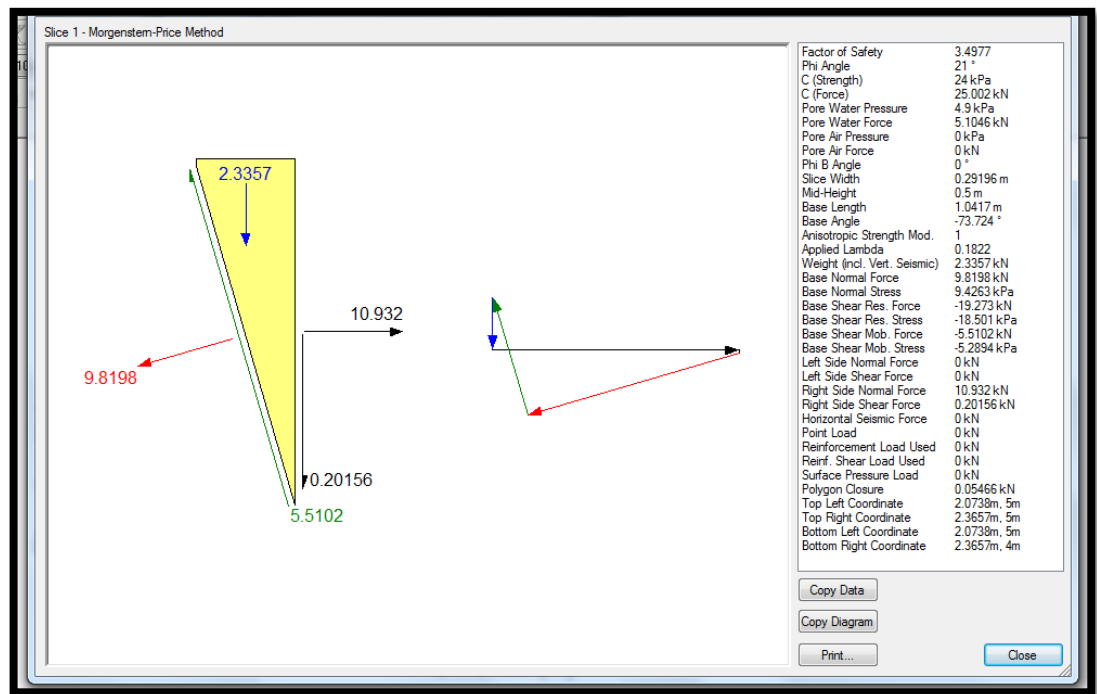


Figura 14: Fuerzas actuantes en la primera dovela (peso propio)

En el gráfico es posible observar las fuerzas que actúan en la dovela: su peso, las fuerzas normal y vertical entre ella y la dovela siguiente, y, las fuerzas normal y tangencial a la base de la dovela.

8.2.2. Análisis N° 2 – Talud húmedo con fuerza actuante su peso propio y condición inundada

Los resultados arrojados por el programa muestran que el factor de seguridad se reduce a 2.73, pero aun así, este valor es suficiente para asegurar la estabilidad del dique ante esta situación. Al disminuir el factor de seguridad, el radio de giro siempre se incrementa y por tanto, aumenta también el círculo de falla, lo que indica que una crecida que supere el borde libre del dique, tiene mayor superficie potencial de falla, es decir, puede causar mayor arrastre de material en un deslizamiento.

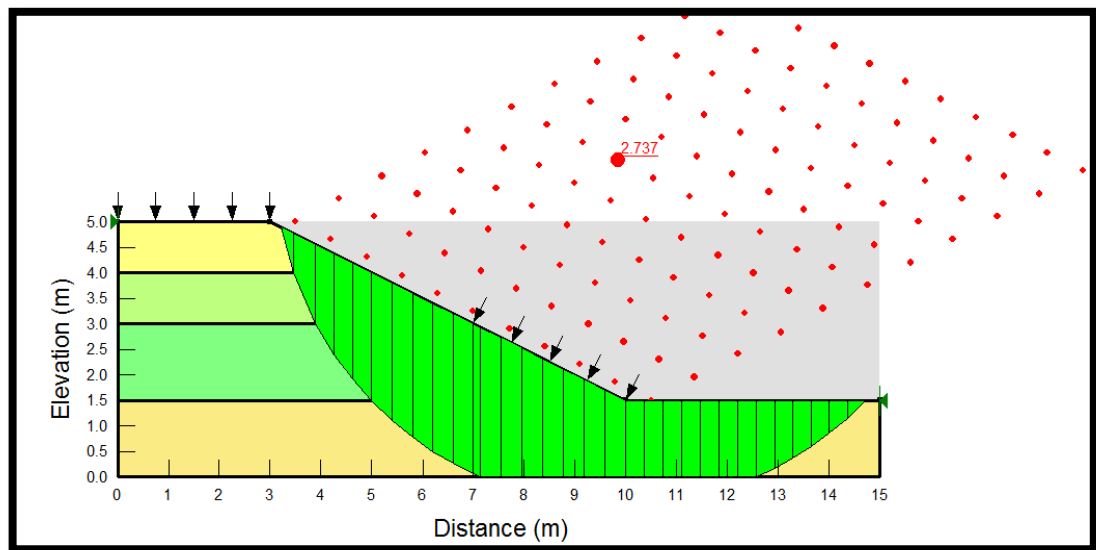


Figura 15: Resultados de la modelación del talud húmedo con fuerza actuante su peso propio y condición inundada

8.2.3. Análisis N° 3 – Talud húmedo con fuerzas actuantes su peso propio, las viviendas construidas sobre él y la acción de un sismo

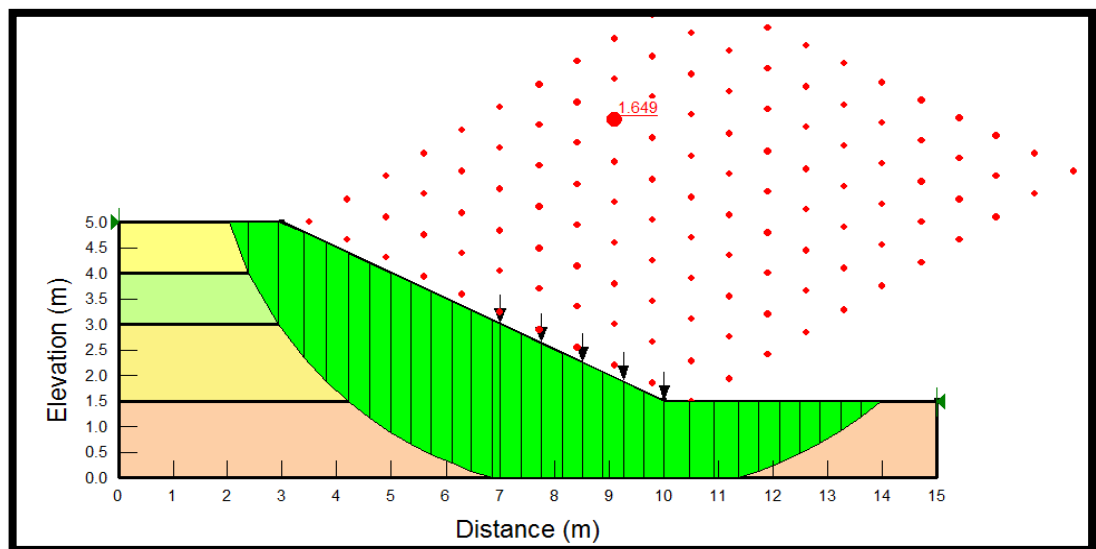


Figura 16: Modelo del talud húmedo con peso propio + cargas viviendas + sismo

El factor de seguridad para esta condición es de 1.65 y aunque sigue disminuyendo todavía satisface la estabilidad de la estructura.

El programa arroja información sobre las fuerzas actuantes en cada una de las dovelas. A continuación se muestran las fuerzas a las que está sometida la dovela más crítica:

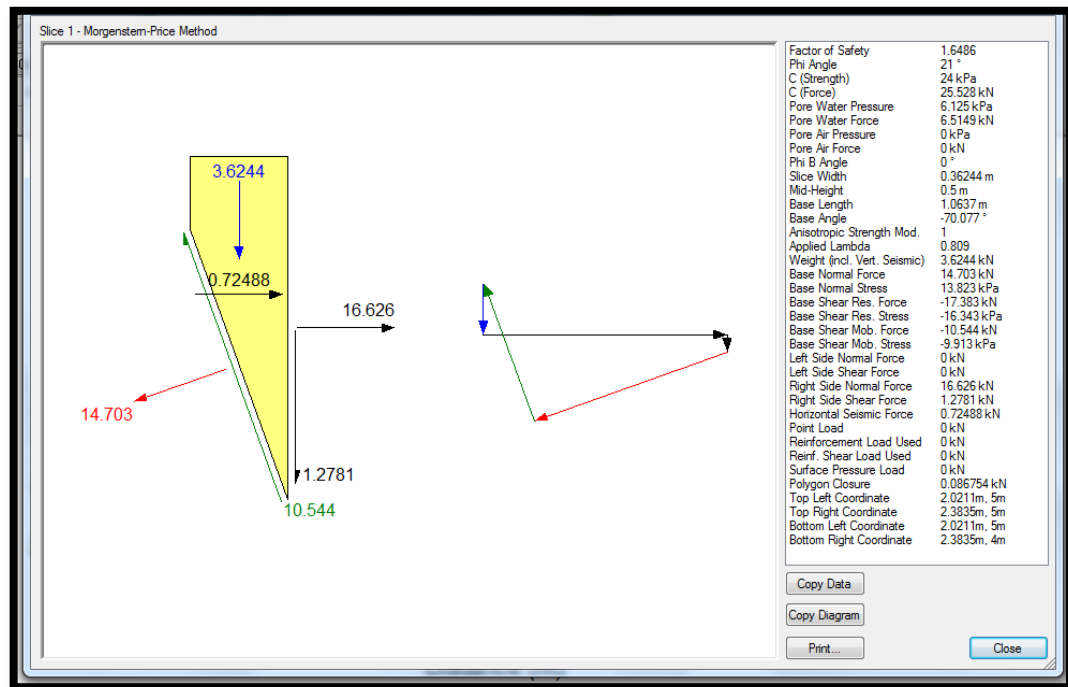


Figura 17: Fuerzas actuantes en la primera dovela (peso propio, carga casa + sismo de diseño)

8.2.4. Análisis N° 4 – Talud húmedo con fuerzas actuantes su peso propio, las viviendas construidas sobre él, condición inundada y la acción de un sismo

El factor de seguridad para el escenario más desfavorable es 1.71.

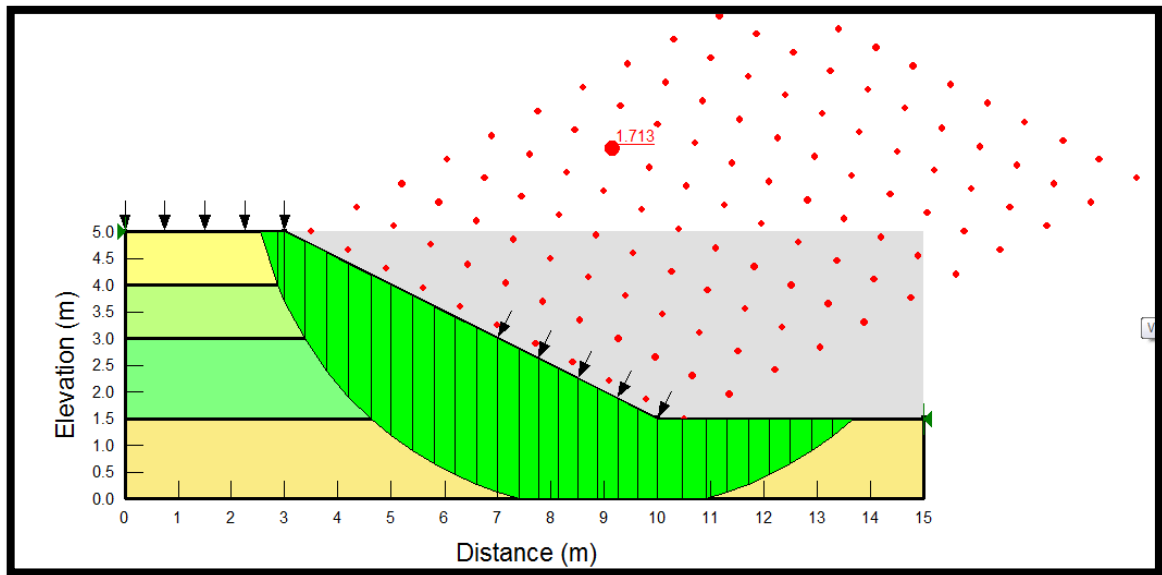


Figura 18: Resultados de la modelación del talud húmedo con fuerzas actuantes su peso propio, las viviendas construidas sobre él, condición inundada y la acción de un sismo

8.2.5. Descenso rápido del nivel de agua – Slide v.5.0

8.2.5.1. Análisis N° 1 – Factor de Seguridad con nivel de agua a la altura de la corona

Este primer análisis se realizó asumiendo una condición de inundación, tomando el nivel de agua a la altura de la corona. El factor de seguridad obtenido fue de 10.05, valor que es mucho mayor que el conseguido con el programa Slope/W. La razón de la variación del factor de seguridad, se debe a la presencia de una altura de la columna de agua mayor, la cual genera una fuerza estabilizante sobre la cara húmeda del talud, impidiendo deslizamientos.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de la modelación del talud húmedo con el nivel de agua a la altura de la corona:

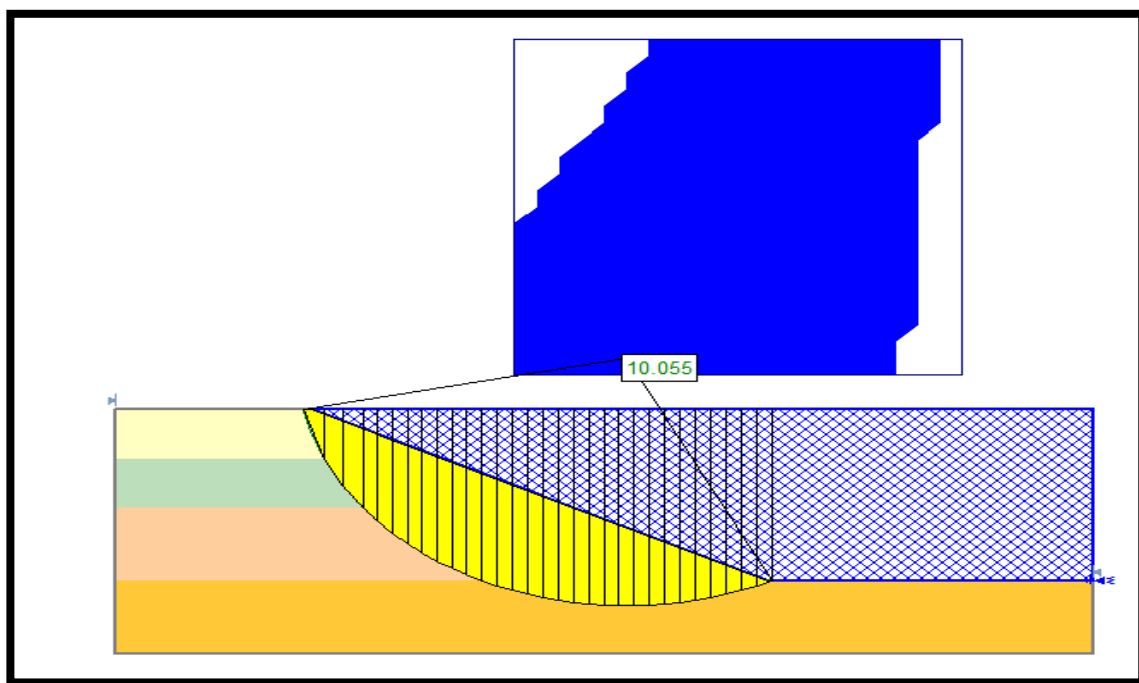


Figura 19: Resultados de la modelación del talud húmedo con nivel de agua a la altura de la corona

8.2.5.2. Análisis N° 2 – Descenso Rápido de la columna de agua

El segundo análisis consiste en el cálculo del factor de seguridad, teniendo en cuenta el desembalse rápido, para esto el programa Slide V.5.0, calcula el exceso de presión de poros utilizando el método de barra B.

El factor de seguridad obtenido es de 3.64, superior a 1.5 permitido, por lo que se considera un talud estable que no presentará falla por deslizamiento debido al descenso súbito de la lámina de agua.

A continuación se muestra la posible superficie de falla, con el factor de seguridad obtenido:

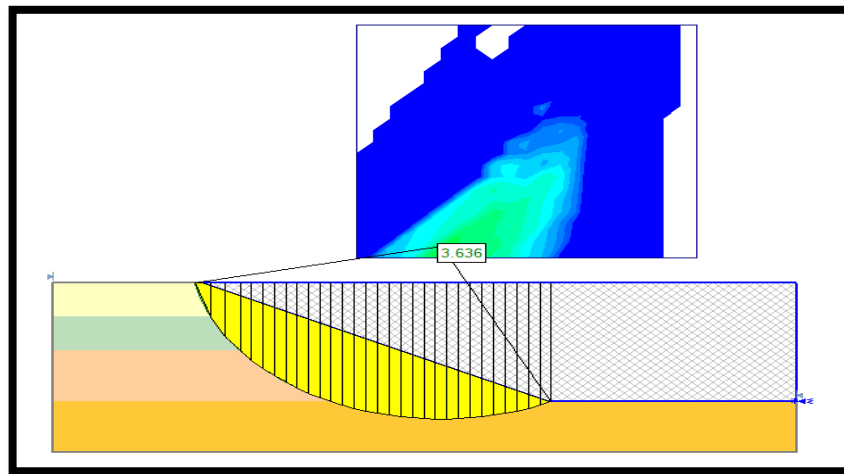


Figura 20: Resultados de la modelación del talud húmedo en condiciones de descenso rápido de la columna de agua

El factor de seguridad obtenido después del descenso rápido del nivel de agua, es significativamente menor que el factor de seguridad obtenido bajo la condición inundada (altura de columna de agua igual a la altura de la corona del dique), esto se debe a la evacuación de la columna de agua que proporcionaba soporte a la pared del talud.

La figura 21, corresponde a la gráfica de las presiones intersticiales iniciales y finales causadas por la variación repentina de la lámina de agua. Se puede observar que la presión intersticial final (línea fucsia), es visiblemente menor que la presión intersticial inicial (línea verde), debido a la eliminación de la columna de agua.

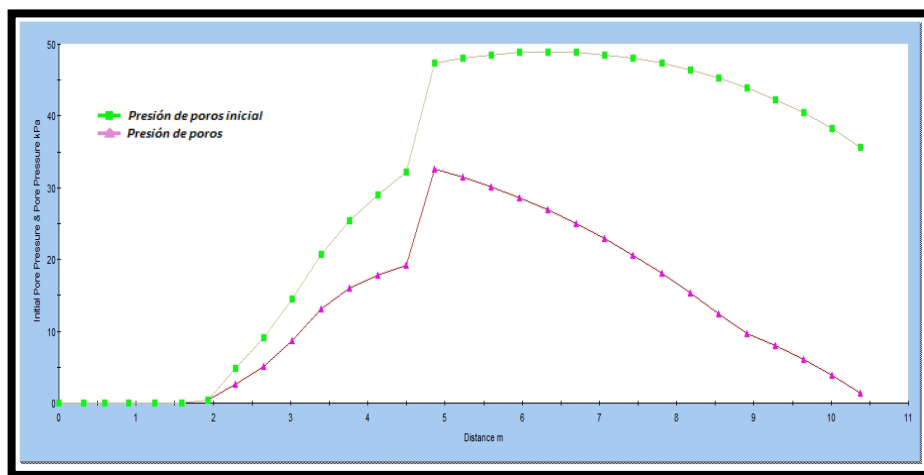


Figura 21: Gráfica de presión intersticial inicial y presión intersticial final

En la figura 22, se observa el exceso de la presión de poros (línea verde), la cual es negativa debido a la evacuación del agua inicialmente contenida.

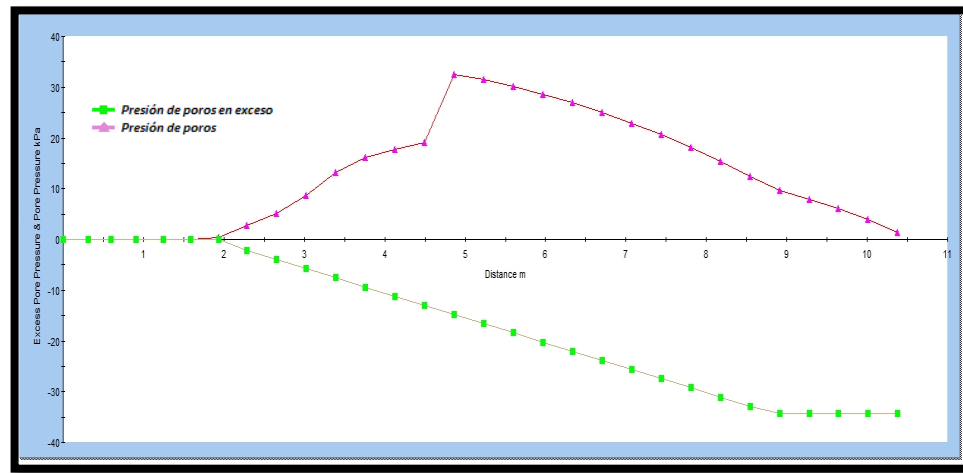


Figura 22: Presión intersticial final y presión intersticial en exceso, análisis del descenso rápido del nivel de agua

8.3. ANÁLISIS DE EVALUACION DEL POTENCIAL DE LICUACION

De las correlaciones realizadas, siguiendo el Procedimiento Simplificado, sugerido por la NSR – 10 y comparando la relación de resistencia cíclica, CRR, con la relación de tensiones cíclicas CSR, se obtienen los siguientes resultados:

Perforación 1	Capa N°	1	2
	Profundidad de (m)	7,5	9
	Profundidad hasta (m)	8	9,5
	γ (kN/m ³)	20	22
	Porcentaje (%) Finos	7,8	16
	N SPT	22	27
	NF (profundidad - m)	6,5	
	α	0,26	2,77
	β	1,01	1,05
	CN	0,78	0,70
	CE	0,9	0,9
	CB	1,05	1,05
	CR	0,95	0,95
	CS	1	1
	N1(60)	15,44	17,06
	N1(60)cs	15,88	20,75
	σ_{vo}	160	209
	σ_{Poros}	15	30
	σ_{vo}'	145	179
	Presión Atmosférica (kPa)	88,65	88,65
	rd	0,94	0,93
	amax (%g)	0,25	0,25
	MSF	1,33	1,33
	CSR	0,17	0,18
	CRR	0,17	0,53
	CRR*MSF	0,22	0,71
	F.S	1,34	4,03
	Comentario	No Licuable	No Licuable

Tabla 5: Evaluación Potencial de Licuación Perforación N° 1

Perforación 2	Capa N°	1	2	3	4
	Profundidad de (m)	1,5	6	7,5	9
	Profundidad hasta (m)	2	6,5	8	9,5
	γ (kN/m ³)	20	21	21	21
	Porcentaje (%) Finos	49,7	13,1	13,2	14,7
	N SPT	46	19	22	22
	NF (profundidad - m)	2			
	α	5	1,92	1,95	2,41
	β	1,2	1,04	1,04	1,05
	CN	1,49	0,98	0,91	0,84
	CE	0,9	0,9	0,9	0,9
	CB	1,05	1,05	1,05	1,05
	CR	0,95	0,95	0,95	0,95
	CS	1	1	1	1
	N1(60)	61,48	16,79	17,89	16,67
	N1(60)cs	30	19,34	20,53	19,85
	σ_{vo}	40	136,5	168	199,5
	σ_{Poros}	0	45	60	75
	σ_{vo}'	40	91,5	108	124,5
	Presión Atmosférica (kPa)	88,65	88,65	88,65	88,65
	rd	0,98	0,95	0,94	0,92
	amax (%g)	0,25	0,25	0,25	0,25
	MSF	1,33	1,33	1,33	1,33
	CSR	0,16	0,23	0,24	0,24
	CRR	0,47	0,21	0,22	0,21
	CRR*MSF	0,62	0,27	0,30	0,28
	F.S	3,89	1,20	1,26	1,18
	Comentario	No Licuable	No Licuable	No Licuable	No Licuable

Tabla 6: Evaluación Potencial de Licuación Perforación N° 2

Perforación 3	Capa	N°	1
	Profundidad de (m)		7,5
	Profundidad hasta (m)		8
	γ (kN/m ³)		21
	Porcentaje (%) Finos		40,8
	N SPT		12
	NF (profundidad - m)		4,8
	α		5
	β		1,2
	CN		0,81
	CE		0,9
	CB		1,05
	CR		0,95
	CS		1
	N1(60)		8,70
	N1(60)cs		15,44
	σ_v		168
	σ_{Poros}		32
	σ_v'		136
	Presión Atmosférica (kPa)		88,65
	rd		0,94
	amax (%g)		0,25
	MSF		1,33
	CSR		0,19
	CRR		0,16
	CRR*MSF		0,22
	F.S		1,15
	Comentario		No Licuable

Tabla 7: Evaluación Potencial de Licuación Perforación N° 3

Perforación 4	Capa	N°	1	2
	Profundidad de (m)		0,5	1,5
	Profundidad hasta (m)		1	2
	γ (kN/m ³)		17	18
	Porcentaje (%) Finos		14,4	21
	N SPT		5	20
	NF (profundidad - m)		7	
	α		2,32	3,78
	β		1,04	1,09
	CN		2,28	1,57
	CE		0,9	0,9
	CB		1,05	1,05
	CR		0,95	0,95
	CS		1	1
	N1(60)		10,25	28,18
	N1(60)cs		13,03	30
	σ_v		17	36
	σ_{Poros}		0	0
	σ_v'		17	36
	Presión Atmosférica (kPa)		88,65	88,65
	rd		0,99	0,98
	amax (%g)		0,25	0,25
	MSF		1,33	1,33
	CSR		0,16	0,16
	CRR		0,14	0,47
	CRR*MSF		0,19	0,62
	F.S		1,15	3,89
	Comentario		No Licuable	No Licuable

Tabla 8: Evaluación Potencial de Licuación Perforación N° 4

Capa	N°	1
Profundidad de (m)		0,5
Profundidad hasta (m)		1
γ (kN/m ³)		17
Porcentaje (%) Finos		31,3
N SPT		5
NF (profundidad - m)		7
α		4,79
β		1,17
CN		2,28
CE		0,9
CB		1,05
CR		0,95
CS		1
N1(60)		10,25
N1(60)cs		16,73
σ_{vo}		17
σ_{Poros}		0
σ_{vo}'		17
Presión Atmosférica (kPa)		88,65
rd		0,99
amax (%g)		0,25
MSF		1,33
CSR		0,16
CRR		0,18
CRR*MSF		0,24
F.S		1,46
Comentario		No Licuable

Tabla 9: Evaluación Potencial de Licuación Perforación N° 5

Capa	N°	1
Profundidad de (m)		0,5
Profundidad hasta (m)		1
γ (kN/m ³)		18
Porcentaje (%) Finos		20,6
N SPT		17
NF (profundidad - m)		3
α		3,71
β		1,08
CN		2,22
CE		0,9
CB		1,05
CR		0,95
CS		1
N1(60)		33,87
N1(60)cs		30
σ_{vo}		18
σ_{Poros}		0
σ_{vo}'		18
Presión Atmosférica (kPa)		88,65
rd		0,992
amax (%g)		0,25
MSF		1,33
CSR		0,16
CRR		0,47
CRR*MSF		0,62
F.S		3,861
Comentario		No Licuable

Tabla 10: Evaluación Potencial de Licuación Perforación N° 6

De las seis (6) perforaciones tomadas para realizar la evaluación del potencial de licuación, se obtiene como resultado, factores de seguridad superiores a uno (1), lo cual indica que los estratos de suelo, pertenecientes al Jarillón del río Cauca, en el sector de Playa Renaciente, no presentan riesgo de sufrir licuación, ante un sismo de magnitud 6.8.

Los factores de seguridad inferiores a 1.3, como los obtenidos en la capa 2, 3 y 4, de la perforación 2, y la capa 1, de las perforaciones 3 y 4, muestran que, aunque el resultado sean suelos no licuables, existe la posibilidad de que se presente licuación ante un sismo de magnitud mayor a 6.8.

Si se presenta un sismo de magnitud 7.5, situación que es muy poco probable en esta zona, la mayoría de los estratos de suelo estudiados, experimentarían licuación inminente, ocasionando graves daños en la estructura de contención, como hundimientos, deslizamientos y posiblemente colapso.

9. CONCLUSIONES GENERALES

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo de grado, se pueden determinar las siguientes conclusiones:

1. Referente al material de composición del dique

- a. El cuerpo del dique, conformado en su mayoría por suelo cohesivo, en sus condiciones naturales actuales y bajo la acción de los esfuerzos externos a los cuales está sometido y por los que puede verse afectado, como una inundación o un sismo, se comportará de manera aceptable, aunque éstos incidan en su comportamiento mecánico, estático y dinámico.
- b. Respecto al muestreo, las pruebas de campo y de laboratorio, los cálculos de estabilidad en el talud y los demás análisis realizados, se puede concluir que el dique en el sector de La Playa Renaciente no presenta, para las condiciones actuales encontradas en este proyecto, posibilidad de colapso por estabilidad, rotación, descenso súbito y licuación. Se deja en consideración, las intervenciones que a futuro puedan incidir en la geomorfología y demás condiciones que actualmente presenta el dique.
- c. El suelo que conforma el dique, tiene coeficientes de permeabilidad del orden de $10e^{-9}$ m/s a $10e^{-10}$ m/s, esto indica que la velocidad con la que el agua fluye a través del cuerpo de la estructura es lenta, por lo tanto, el suelo se considera prácticamente impermeable en los estratos de la corona.
- d. El suelo ha variado en el nivel superior de la estructura, a lo largo de sus 50 años de servicio, debido a que las familias que se han establecido sobre él, han realizado rellenos para sobrellevar las crecidas inesperadas del río Cauca. Esto explica el hallazgo de desechos de construcción y la presencia de arena limosa en las capas superiores.
- e. Durante la visita de reconocimiento, se observó que las orillas del río sobre su margen izquierda, presentan socavación (Figuras 24 y 25). Este problema, afecta la estabilidad del dique, generando pequeños deslizamientos que reducen el área de la berma, y por tanto, la zona de

inundación ante una crecida del río Cauca. Al mismo tiempo, se puede poner en riesgo la estabilidad de los taludes, debido a una posible filtración de agua.

2. Referente al análisis de estabilidad de taludes

- a. El análisis de estabilidad del talud húmedo, realizado a través del programa Slope/W, es de tipo determinístico, ya que arroja un valor único de factor de seguridad, el cual, representa un promedio del valor total en toda la superficie de falla. No fue posible ejecutar un análisis probabilístico, dado a la cantidad insuficiente de muestras recuperadas durante las perforaciones. Se recomendaría realizarlo, debido a la variabilidad del suelo y a que éste proporciona factores de seguridad para tramos del círculo de falla. A pesar de las debilidades de un modelo determinístico, el factor de seguridad proporcionado a través de él, permite al ingeniero tener una herramienta muy útil para tomar de decisiones.
- b. Al analizar los resultados arrojados por el programa SLOPE/W, se puede afirmar que el talud húmedo del dique no presentará falla por deslizamiento. Esto se debe a su suave inclinación y a que la estructura presenta una altura de 3,5 m, que no es significativa para producir una falla de rotación. Por tanto, bajo las condiciones actuales, el dique en este tramo de estudio, tiene un comportamiento estable.
- c. La distribución de la presión de poros en un talud, que se encuentra sumergido y sometido a desembalse rápido, depende de distintos parámetros y condiciones externas, como la permeabilidad, las condiciones geométricas, la velocidad de desembalse y la capacidad de retención de agua.
- d. La presión de poros obtenida de un descenso rápido de nivel de agua, es controlada por, los cambios en la presión de poros inducidos por la descarga tensional y los cambio en las condiciones hidráulicas.
- e. Los factores de seguridad arrojados luego de analizar el talud, mediante el programa Slide V.5.0, muestran que el dique no presentará falla por una posible ocurrencia del fenómeno de desembalse o descenso rápido del nivel de agua, esto se debe, en parte, a que la permeabilidad es muy baja, por esta razón, en condición inundada se presentará muy poca filtración a través de las paredes del dique, logrando así mantenerse las condiciones normales de presión intersticial en el cuerpo del dique, evitando que se presenten deslizamientos cuando el nivel de agua descienda. Cabe

mentonar que el análisis de descenso súbito se realizó bajo la premisa de que el nivel de agua alcance la altura máxima de la corona, debido a una crecida inesperada del río Cauca, y que el posterior descenso de la lámina de agua, se produzca en un tiempo tan corto que el dique no logre saturarse.

3. Referente a la licuación

- a. Después de aplicar el Procedimiento Simplificado para evaluar el potencial de licuación del suelo del área de estudio, se obtuvo factores de seguridad que permiten concluir que el material no tiende a presentar riesgo de licuación para el sismo de estudio.
- b. En el análisis, se empleó un sismo de magnitud 6.8, con el que obtuvieron factores de seguridad para algunos estratos, inferiores a 1.3; estos estratos tienen probabilidad de licuarse ante las tensiones ocasionadas por un sismo de mayor magnitud.

10.RECOMENDACIONES

1. Se hace un llamado especial a la Administración Municipal y a la Gobernación del Valle del Cauca para tomar medidas prontas y oportunas que permitan mantener o mejorar las condiciones actuales del dique, evitando la intervención del hombre en el mismo.
2. Se recomienda realizar actividades de mantenimiento para recuperar la sección original del dique y mitigar los efectos que en algunos tramos de su longitud, han causado el tiempo, las hormigas e incluso los habitantes aledaños a éste.
3. Socializar los resultados de esta investigación con la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), los cuales pueden servir como complemento de los estudios que adelantan en la totalidad del dique a su paso por la ciudad de Cali.
4. Dar a conocer los resultados de este estudio al Concejo Ancestral de Negritudes La Playa Renaciente, como muestra de agradecimiento por su colaboración y por el acompañamiento durante el desarrollo de los trabajos de campo y, con el propósito de informar las condiciones actuales de la estructura en la cual tienen cimentadas sus viviendas.

11. BIBLIOGRAFÍA

- BARRERA V., Sergio; CAMPAÑA Z., José. *Análisis de Estabilidad de Presas de Relave-Práctica Chilena*. Santiago de Chile. 2000.
- BRAJA M., Das. *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones*. Sacramento. 2001.
- BRAJA M., Das. *Principios de Ingeniería Geotécnica*. Sacramento. 2001.
- CARMONA CEVALLOS, Jorge Ivan; CORONADO R., Carlos Arturo; SARRIA SALCEDO, Blanca Victoria. *Análisis de Susceptibilidad de Corrimiento Lateral al Jarillón del río Cauca*. Pontificia Universidad Javeriana de Cali. Cali. 2002.
- COMISION ASESORA PERMANENTE PARA EL REGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES. *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR – 10)*. Bogotá. 2010.
- CORONADO, C.; G. VILLAFANE; L. RÍOS. *Resistencia de los Suelos a la Licuación: Comentarios a la Norma NSR-98*. Bogotá. 1999.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA, 2012. URL: <http://www.cvc.gov.co/>
- DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDRAÚLICOS DEL ESTADO DE CALIFORNIA EEUU. *Programa de Evaluación de Diques: Métodos para el Análisis de Diques*. Sacramento. 2007.
- DEPARTMENT OF THE ARMY, U.S. Army Corps of Engineers. *Engineering and Design: Seepage Analysis and Control for Dams*. Manual No. 111 O-2-1 901. Washington, 1993.
- DEPARTMENT OF THE ARMY, U.S. Army Corps of Engineers. *Engineering and Design: Slope Stability*. Manual No. 1110-2-1902. Washington, 2003.
- DEPARTMENT OF THE ARMY, U.S. Army Corps of Engineers. *Engineering and Design: Instrumentation of Embankment Dams and Levees*. Manual No. 1110-2-1908. Washington, 1995.

- DEPARTMENT OF THE ARMY, U.S. Army Corps of Engineers. *Engineering and Design: Design and Construction of Levees*. Manual No. 1110-2-1913. Washington, 2000.
- E. HADJILOUKAS. Proyecto de Aguablanca, Criterio de Diseño Hidrológico e Hidráulico. Informe C-797. Número de Registro: 01142. Santiago de Cali. 1958.
- FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. *History of Levees*. Sacramento. 2011.
- FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. *So, You Live Behind a Levee*. Sacramento. 2011.
- FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. *What is a Levee?*. Sacramento. 2011.
- FOKKENS, Bart. *La estrategia de Holanda para la seguridad y la prevención de inundaciones de río*. Ámsterdam. 2008.
- INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. *Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras*. Bogotá. 2010.
- KRAMER, S.; STEWART, J. *Geotechnical Aspects of Seismic Hazards*. London. 2004.
- LESLIE F., Harder; DONALD L., Basham; STEVE W., Verigin; WARREN D., Williams. *Engineering Perspectives for a National Levee Safety Program*. Sacramento. 2009.
- OPCIÓN TIMAGUA. *Exploración geotécnica para evaluar el potencial de licuación en el Jarillón de la margen izquierda del río Cauca*. Santiago de Cali. 2008.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS). *Reducción del Daño Sísmico*. Guía para las Empresas de Agua. Oficina Regional para las Américas de la Organización Mundial de la Salud. 2003.
- SASAKI, Yasushi. *Mitigation of Seismic Damage of River Dikes*. Tokyo. 2008.
- SEED, H. B.; IDRISS, I. M., *Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential*. Journal of the ASCE Soil Mechanics and Foundation Division 97(SM 9):1249-1273. 1971.

- SUAREZ, Jaime. *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 1998.
- VELÁSQUEZ, Andrés; JIMÉNEZ, Nayibe. *La gestión de riesgos en el ordenamiento territorial: Inundaciones en Cali, la C.V.C y el Fenómeno ENSO*. Santiago de Cali. 2004.
- VIDAL, César; LOSADA, Miguel A.; MEDINA, Raúl; LOSADA, Iñigo. *Análisis de la Estabilidad de Diques Rompeolas*. Universidad de Cantabria. Cantabria. 1994.
- YOUNG, T.; IDRISS, I. *Summary Report. Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils*. National Center for Earthquake Engineering Research. Nueva York. 1997.

ANEXOS

A. VISITA DE RECONOCIMIENTO



Figura 23: Corona del dique



Figura 24: Reconocimiento por la corona del dique



Figura 25: Viviendas construidas en la berma



Figura 26: Planta de Tratamiento de agua potable de Puerto Mallarino



Figura 27: Desechos en la berma



Figura 28: Extracción de arena del río Cauca



Figura 29: Situación tras desalojo voluntario del asentamiento Brisas del Nuevo Amanecer



Figura 30: Canal Interceptor Sur



Figura 31: Socavación



Figura 32: Socavación

B. LOCALIZACIÓN DE LAS PERFORACIONES



Figura 33: Localización de los sondeos
(Fuente: Google Earth)

C. PERFORACIONES EN EL DIQUE



Figura 34: Perforación 1



Figura 35: Perforación 2



Figura 36: Perforación 3



Figura 37: Perforación 4



Figura 38: Perforación 5



Figura 39: Perforación 6

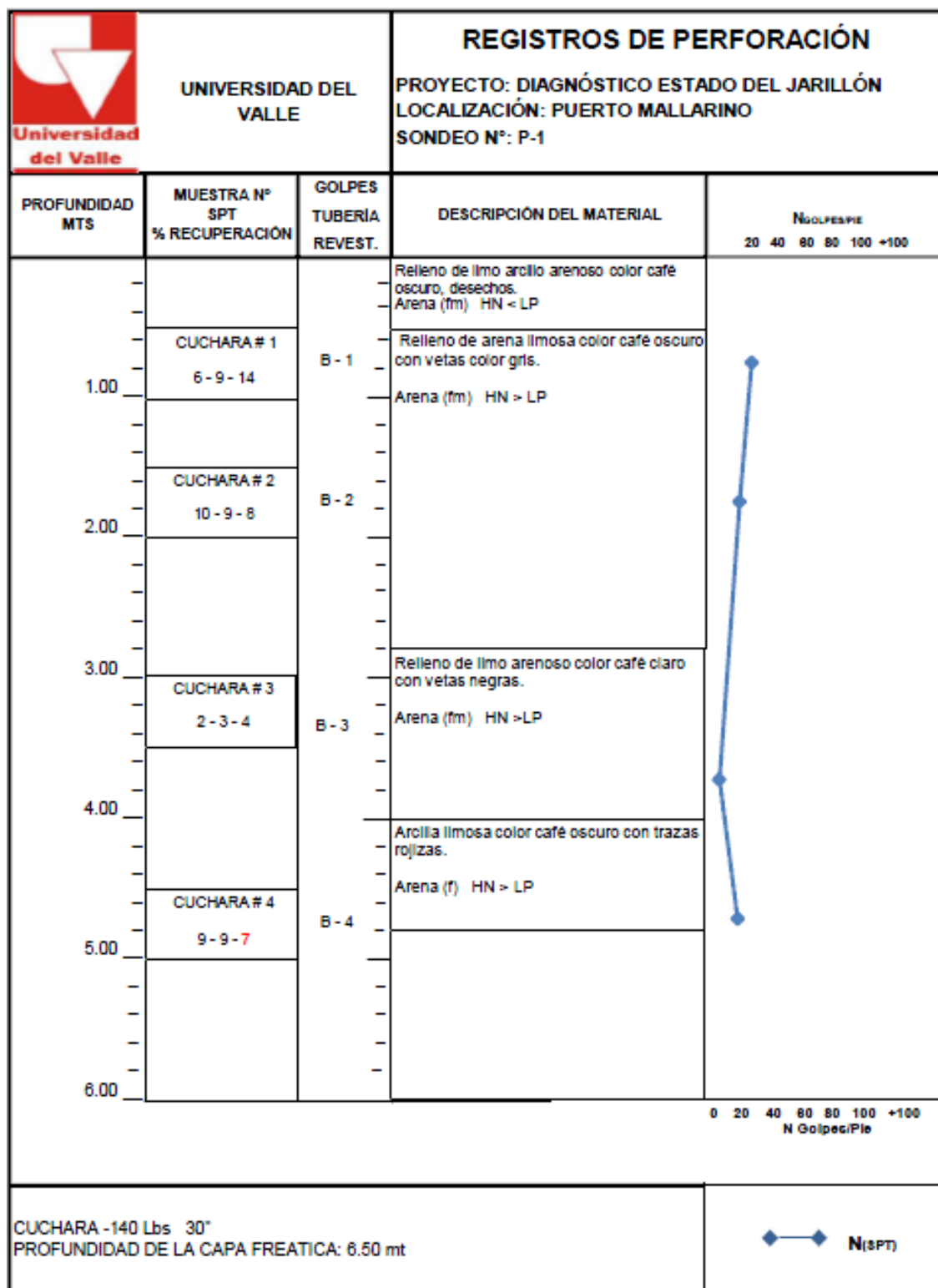


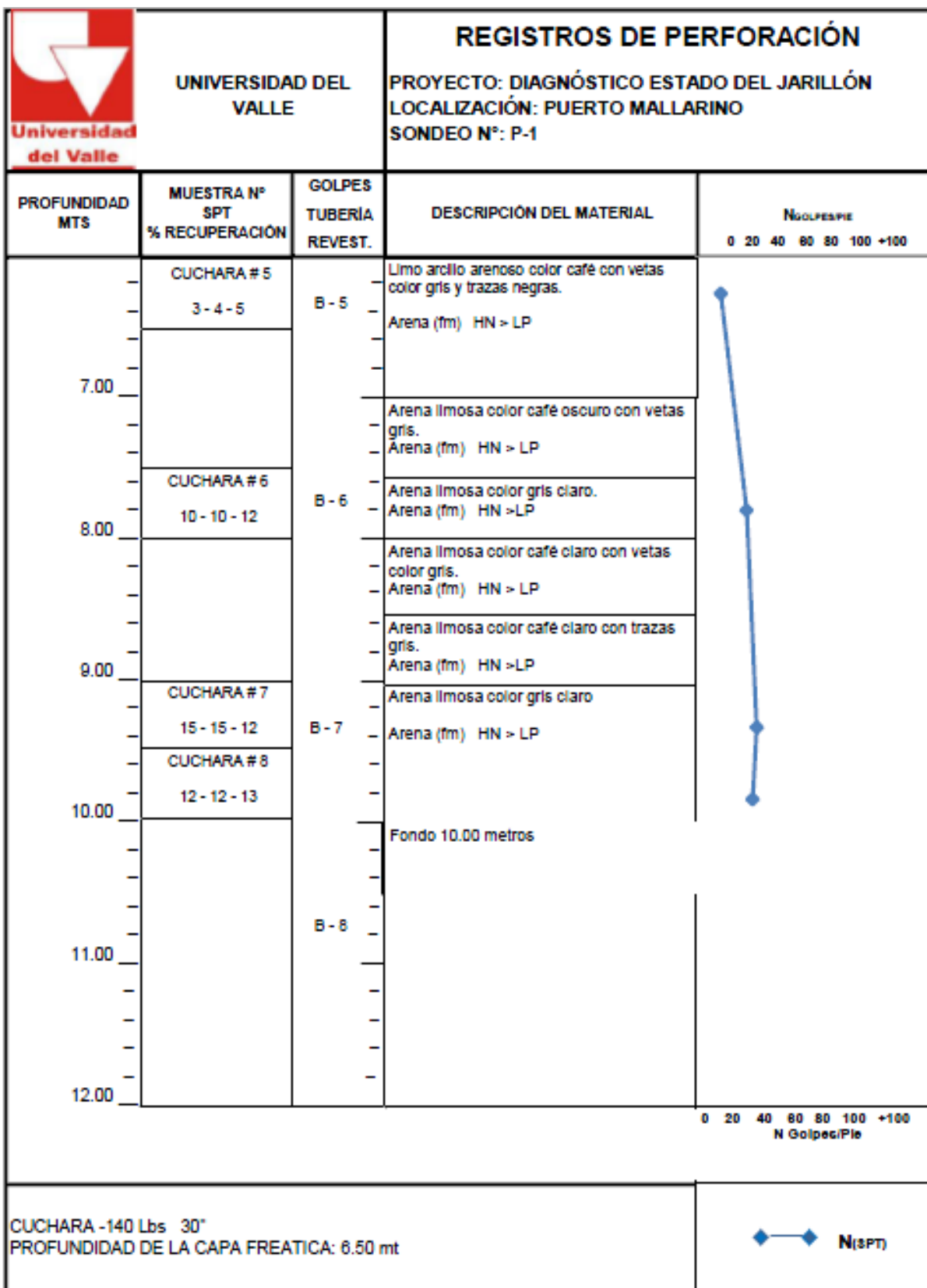
Figura 40: Muestras alteradas representativas

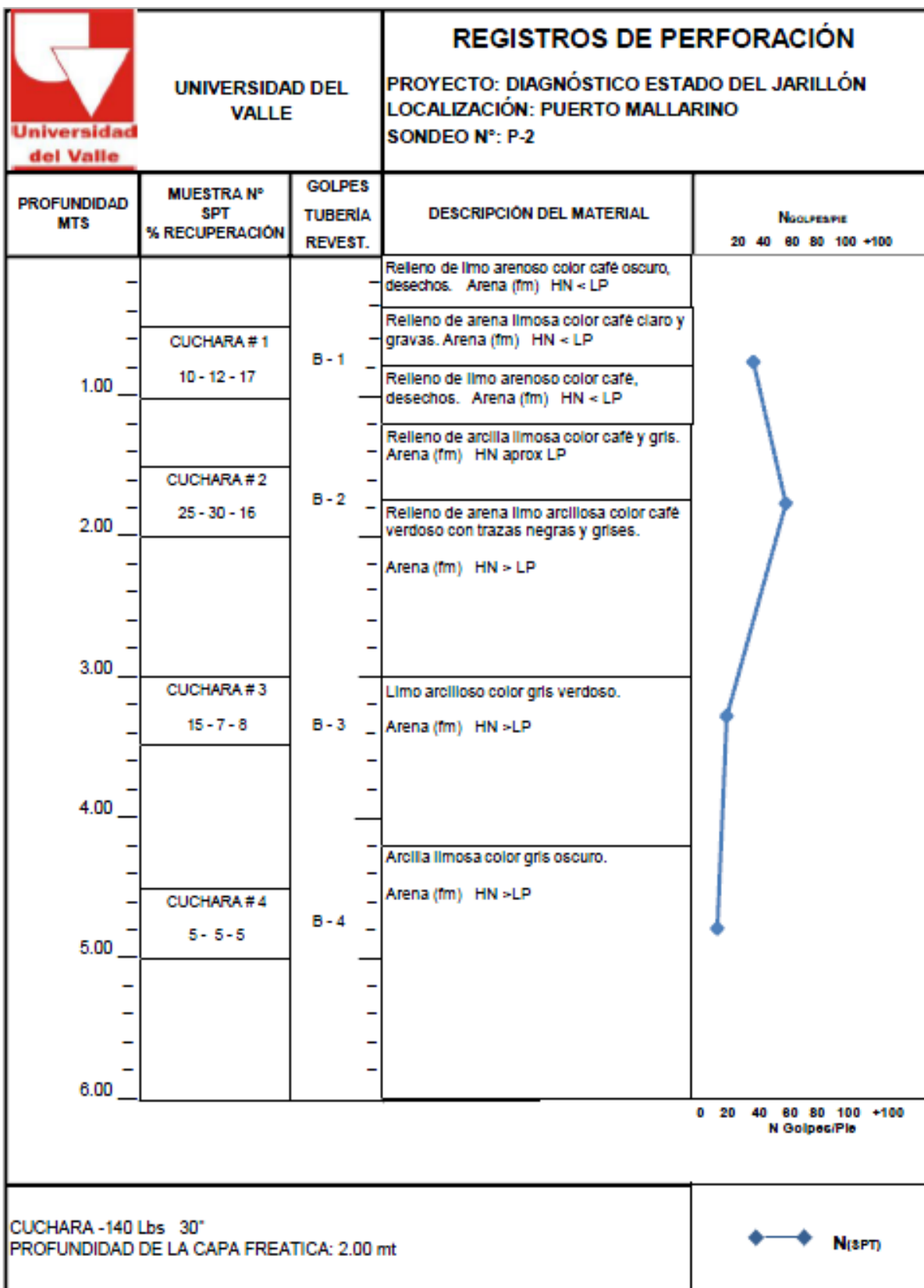


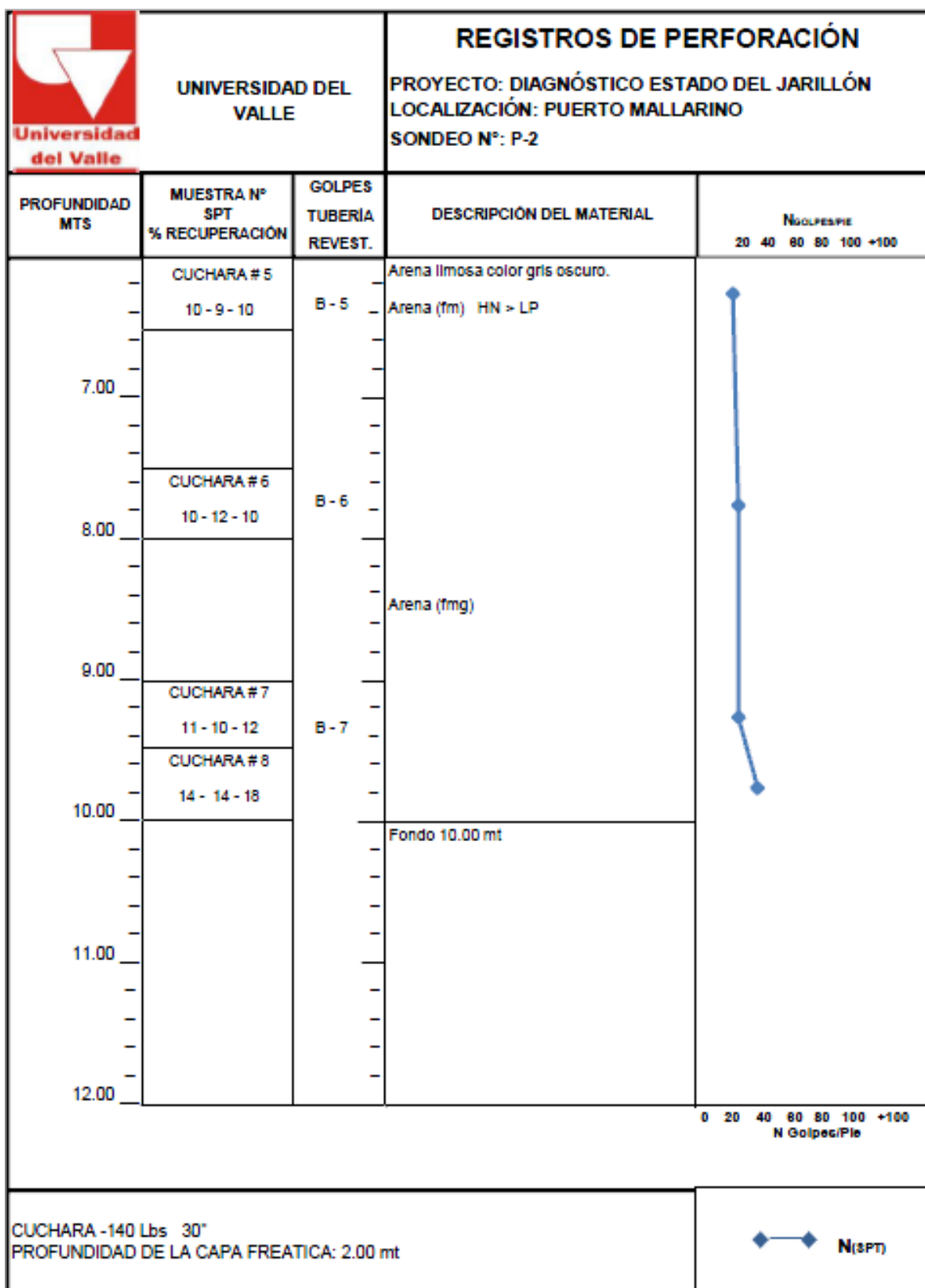
Figura 41: Hallazgo de arena

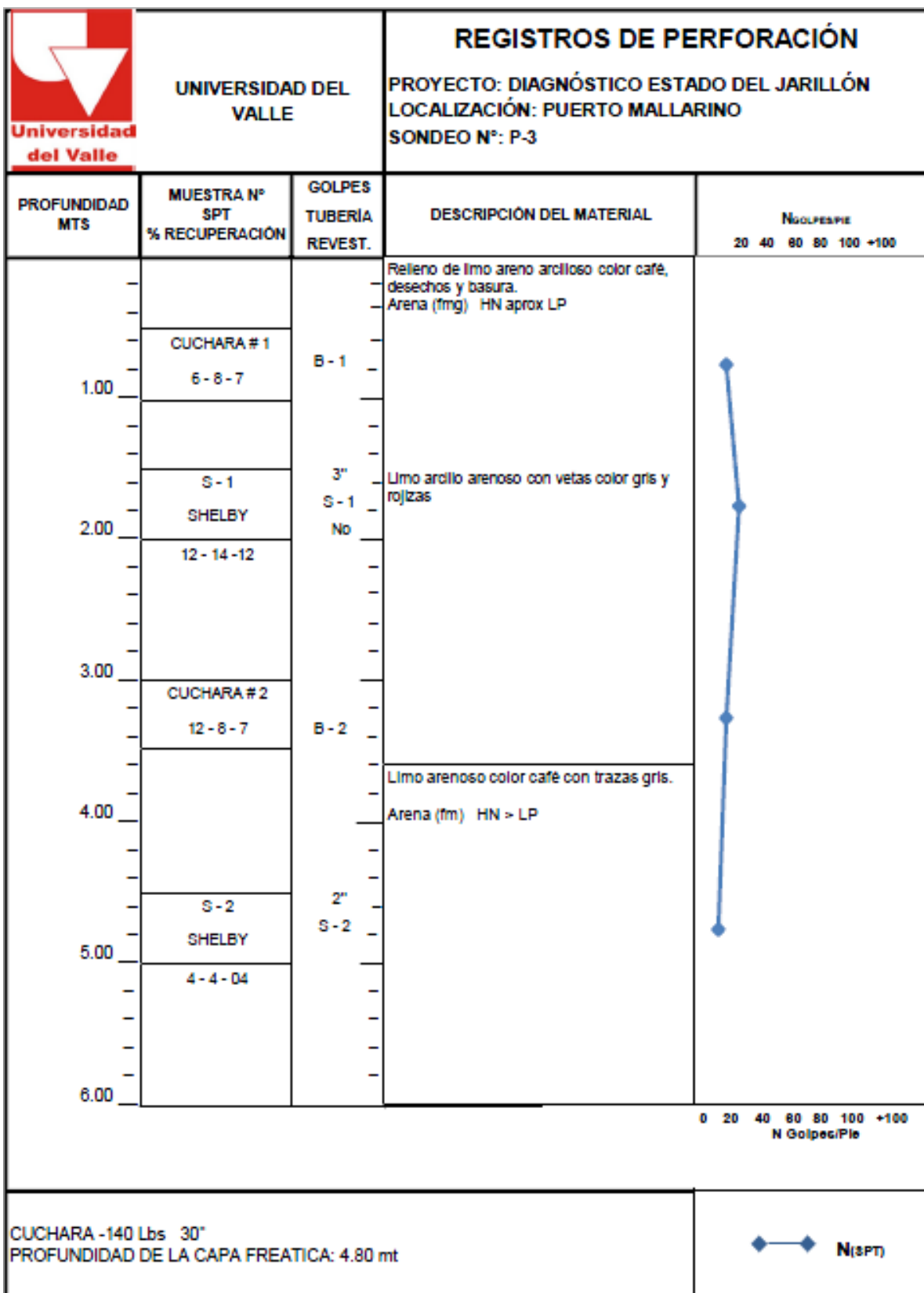
D. REGISTROS DE PERFORACIÓN









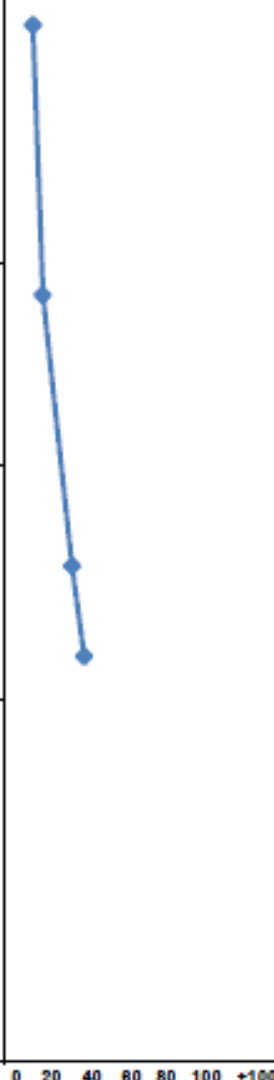


REGISTROS DE PERFORACIÓN

PROYECTO: DIAGNÓSTICO ESTADO DEL JARILLÓN

LOCALIZACIÓN: PUERTO MALLARINO

SONDEO N°: P-3

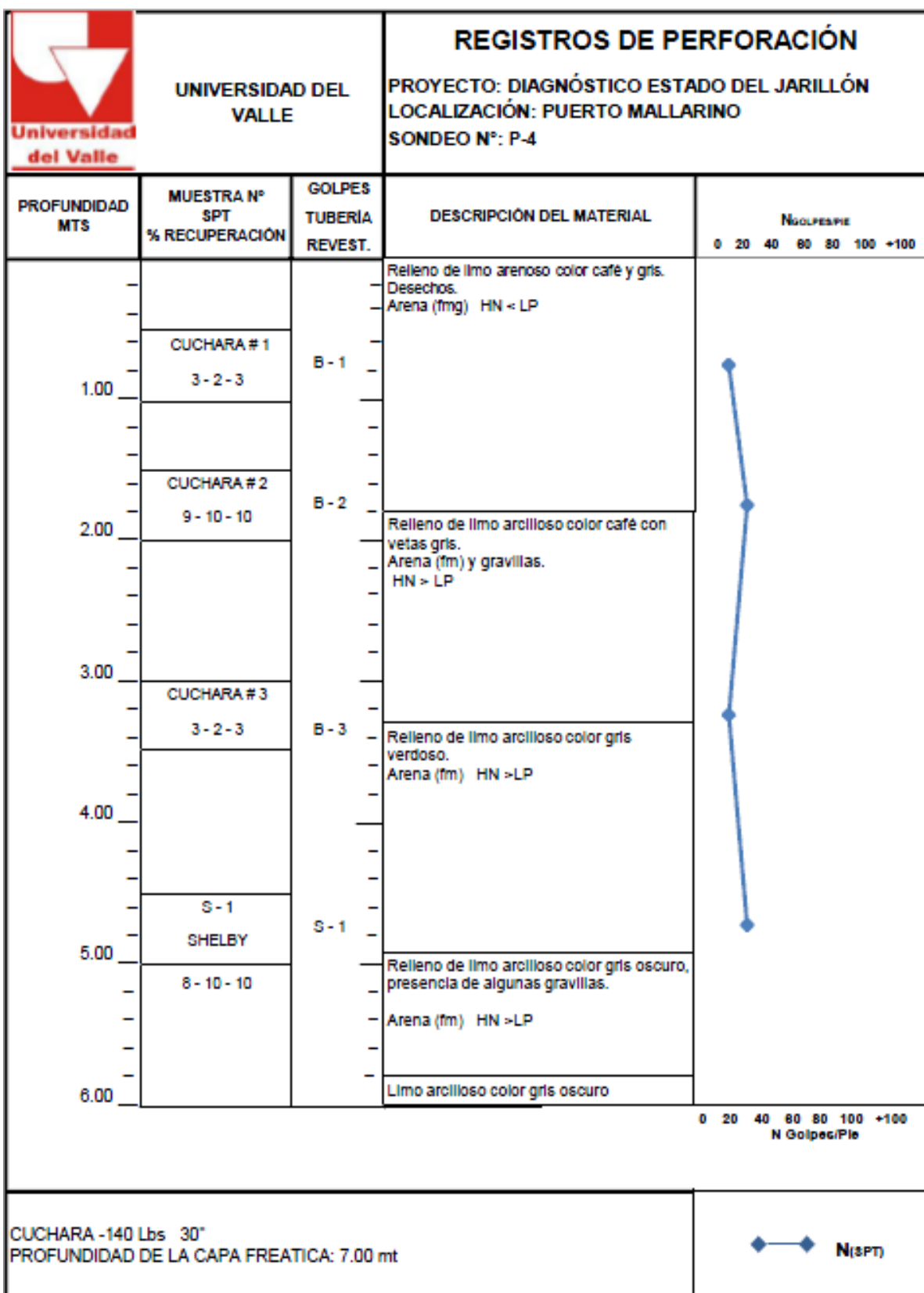
PROFUNDIDAD MTS	MUESTRA N° SPT % RECUPERACIÓN	GOLPES TUBERÍA REVEST.	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	NGOLPESPIE					
				20	40	60	80	100	+100
7.00	CUCHARA # 3 4 - 4 - 4	B - 3							
8.00	CUCHARA # 4 5 - 6 - 6	B - 4	Arena limo arcillosa color gris oscuro. Arena (fm) HN > LP						
9.00			Arena limosa color gris oscuro.						
10.00	CUCHARA # 5 10 - 12 - 12	No	Arena (fm) HN > LP						
	CUCHARA # 6 13 - 14 - 15								
11.00			Fondo 10.00 metros						
12.00									

CUCHARA -140 Lbs 30"

PROFUNDIDAD DE LA CAPA FREÁTICA: 4.80 mt

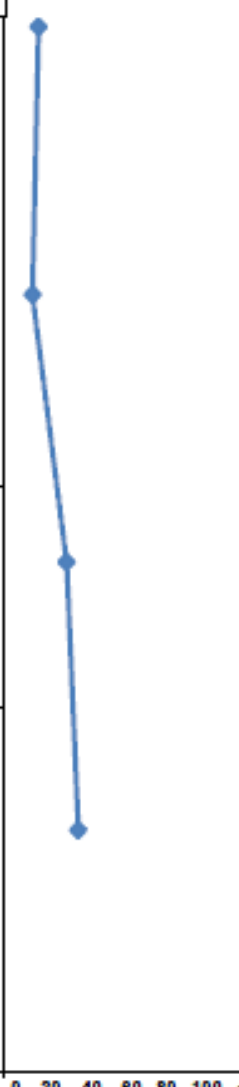


N(SPT)



REGISTROS DE PERFORACIÓN

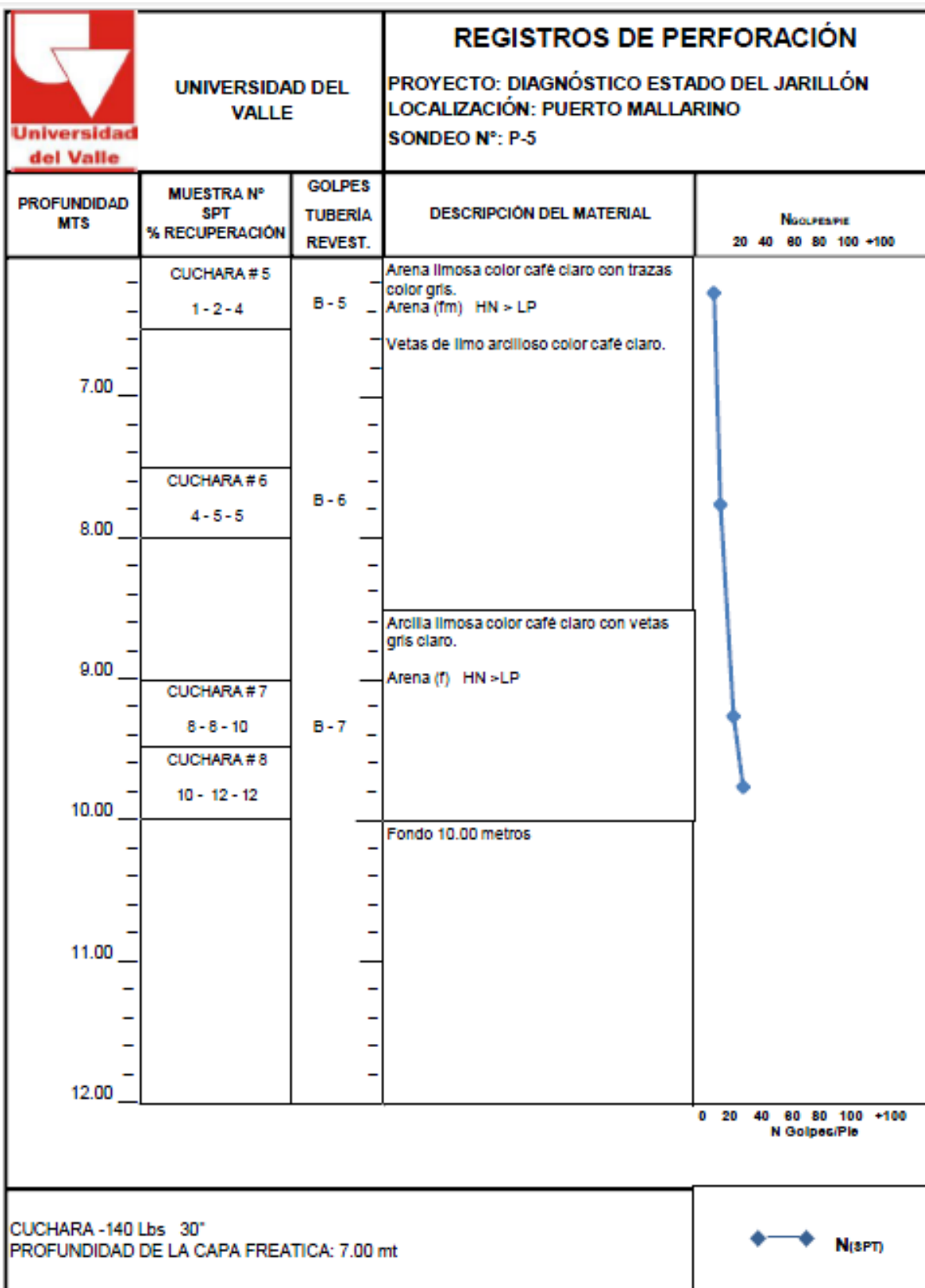
PROYECTO: DIAGNÓSTICO ESTADO DEL JARILLÓN
LOCALIZACIÓN: PUERTO MALLARINO
SONDEO N°: P-4

PROFUNDIDAD MTS	MUESTRA N° SPT % RECUPERACIÓN	GOLPES TUBERÍA REVEST.	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	N GOLPES/PIE					
				20	40	60	80	100	+100
7.00 8.00 9.00 10.00 11.00 12.00	CUCHARA # 4 4 - 4 - 5	B - 4	Arena (f) HN> LP						
			Limo arcillo arenoso color café con trazas grises.						
			Arena (f) HN > LP						
	CUCHARA # 5 3 - 3 - 3	B - 5							
	CUCHARA # 6 12 - 12 - 11	No	Arena limosa color gris oscuro.						
	CUCHARA # 7 14 - 14 - 15		Arena (fm) HN >LP						
			Fondo 10.00 metros						
		B - 8							

CUCHARA -140 Lbs - 30"
PROFUNDIDAD DE LA CAPA FREÁTICA: 7.00 mt

 **N(SPT)**

 UNIVERSIDAD DEL VALLE			REGISTROS DE PERFORACIÓN PROYECTO: DIAGNÓSTICO ESTADO DEL JARILLÓN LOCALIZACIÓN: PUERTO MALLARINO SONDEO N°: P-5	
PROFUNDIDAD MTS	MUESTRA N° SPT % RECUPERACIÓN	GOLPES TUBERÍA REVEST.	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	N GOLPES/PIE 20 40 60 80 100 +100
1.00	CUCHARA # 1 2 - 2 - 3	B - 1	Relleno de limo arenoso arcilloso color café oscuro. Arenas (fm) y desechos HN > LP	
2.00	CUCHARA # 2 8 - 9 - 7	B - 2	Limo arcillo arenoso color café con partículas de gravilla. Arenas (fm) HN > LP	
3.00	CUCHARA # 3 5 - 6 - 7	B - 3	Relleno de limo arcillo arenoso color café claro. Arenas (fm) HN > LP	
4.00				
5.00	CUCHARA # 4 3 - 4 - 4	B - 4	Limo arcillo arenoso color café claro. Arenas (fm) HN > LP	
6.00			Limo arenoso arcilloso color café claro con trazas color gris. Arenas (fm) HN > LP	
				0 20 40 60 80 100 +100 N Golpes/Pie
CUCHARA -140 Lbs 30" PROFUNDIDAD DE LA CAPA FREÁTICA: 7.00 mt				 N(SPT)



 UNIVERSIDAD DEL VALLE			REGISTROS DE PERFORACIÓN PROYECTO: DIAGNÓSTICO ESTADO DEL JARILLÓN LOCALIZACIÓN: PUERTO MALLARINO SONDEO N°: P-6	
PROFUNDIDAD MTS	MUESTRA N° SPT % RECUPERACIÓN	GOLPES TUBERÍA REVEST.	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	N GOLPES/PIE 20 40 60 80 100 +100
1.00	CUCHARA # 1 6 - 8 - 9	B - 1	Relleno de limo arenoso color café claro con presencia de gravillas. Arena (fmg) HN < LP Relleno de arena limosa color café oscuro. Arena (fmg), carbonilla y desechos HN < LP	
2.00	CUCHARA # 2 2 - 2 - 2	B - 2	Limo arenoso color amarillo con vetas grises. Arena (f) HN > LP Arena limosa color amarillo con trazas negras. Arena (fm) HN > LP	
3.00	S - 1 SHELBY	2" S - 1	Limo arenoso color amarillo con vetas color gris. Arena (fm) HN > LP	
4.00	1 - 2 - 04		Arena limosa color café claro con trazas color gris. Arena (f) HN > LP	
5.00	CUCHARA # 3 3 - 3 - 6	B - 3		
6.00				
				0 20 40 60 80 100 +100 N Golpes/Pie
CUCHARA -140 Lbs 30" PROFUNDIDAD DE LA CAPA FREÁTICA: 3.00 mt				 N(spt)

E. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD DEL VALLE		
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA		
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		

PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA **Fecha Ensayo** 11-abr-12
Localización Santiago de Cali **Fecha Muestreo** 09-abr-12

Sondeo # 1 **Muestra #** 1 **Profundidad (m)** 0,50 - 1,00

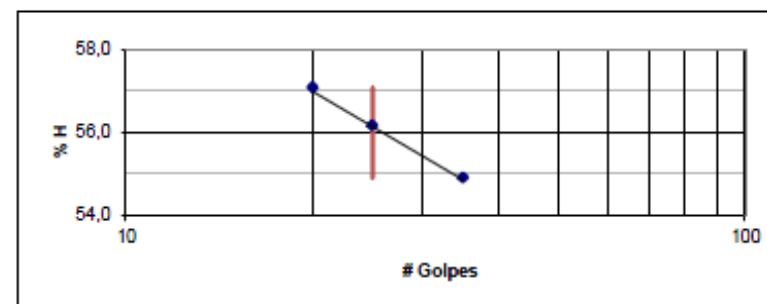
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 46,81 **Peso lavado (gr)** 1,97

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	0	0,0	0,0	100,0
# 4	0	0,0	0,0	100,0
# 8	0,07	0,1	0,1	99,9
# 16	0,13	0,3	0,4	99,6
# 30	0,19	0,4	0,8	99,2
# 50	0,28	0,6	1,4	98,6
# 100	0,38	0,8	2,2	97,8
# 200	0,9	1,9	4,2	95,8
Pasa 200	0,02			
Total	1,97			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	35	25	20	x	x	
P ₁ (gr)	40,12	40,3	39,3	14,01	15,39	76,80
P ₂ (gr)	28,47	28,13	28,14	12,44	13,75	65,31
P ₃ (gr)	7,25	6,46	8,59	5,82	6,82	18,50
Humedad %	54,9	56,2	57,1	23,7	23,7	24,5



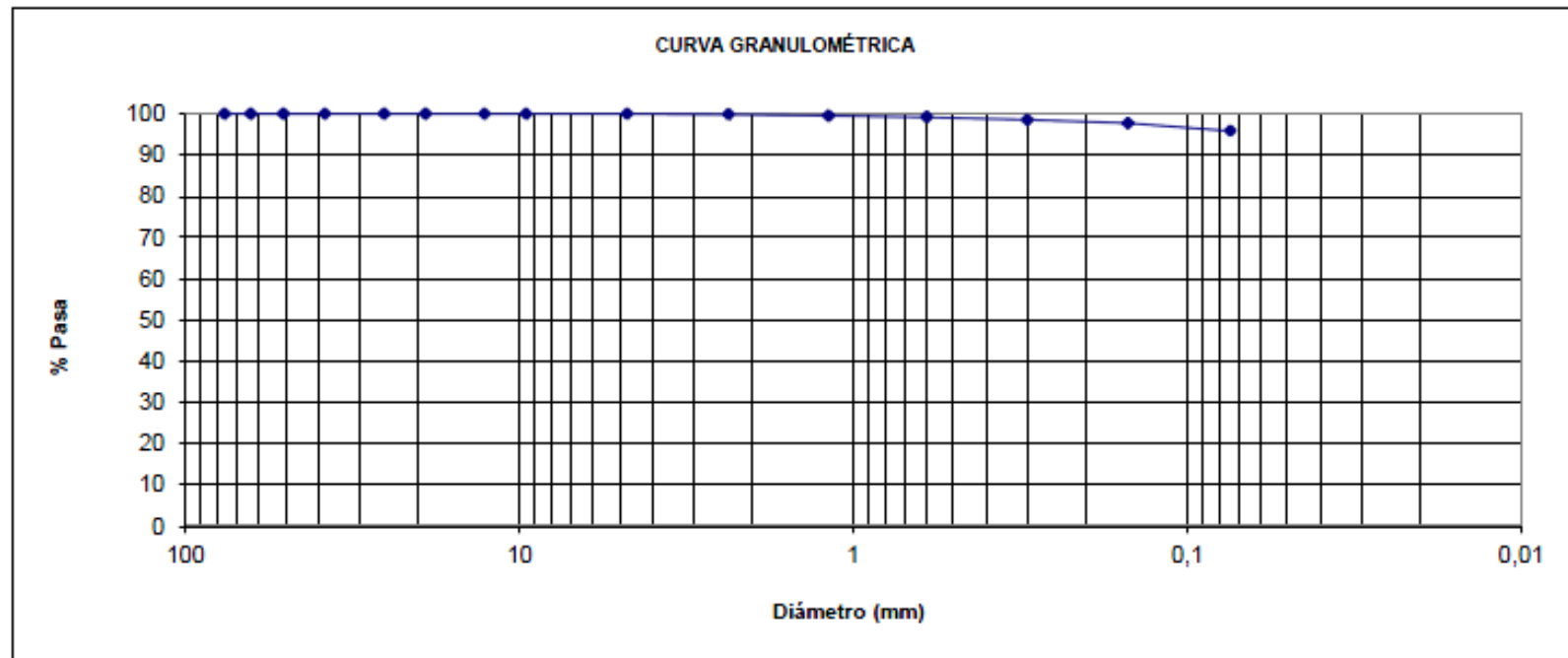
Límite Líquido %	56,2
Límite Plástico %	23,7
Índice de Plasticidad %	32,5
Clasificación	C H

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 1 **Muestra #** 2 **Profundidad (m)** 1,50 - 2,00

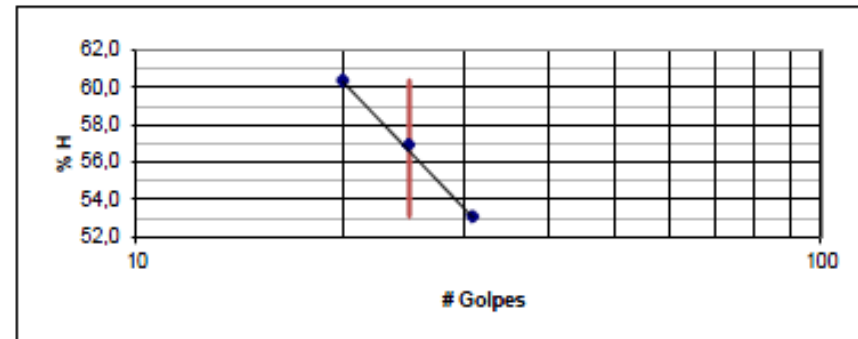
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 25,49 **Peso lavado (gr)** 0,18

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	0	0,0	0,0	100,0
# 4	0	0,0	0,0	100,0
# 8	0	0,0	0,0	100,0
# 16	0	0,0	0,0	100,0
# 30	0,02	0,1	0,1	99,9
# 50	0,02	0,1	0,2	99,8
# 100	0,04	0,2	0,3	99,7
# 200	0,09	0,4	0,7	99,3
Pasa 200	0,01			
Total	0,18			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	31	25	20	x	x	
P _L (gr)	44,31	43,13	42,15	13,72	12,73	50,80
P ₂ (gr)	31,01	29,79	29,54	11,76	10,6	42,89
P ₃ (gr)	5,96	6,35	8,65	5,91	4,37	17,40
Humedad %	53,1	56,9	60,4	33,5	34,2	31,0



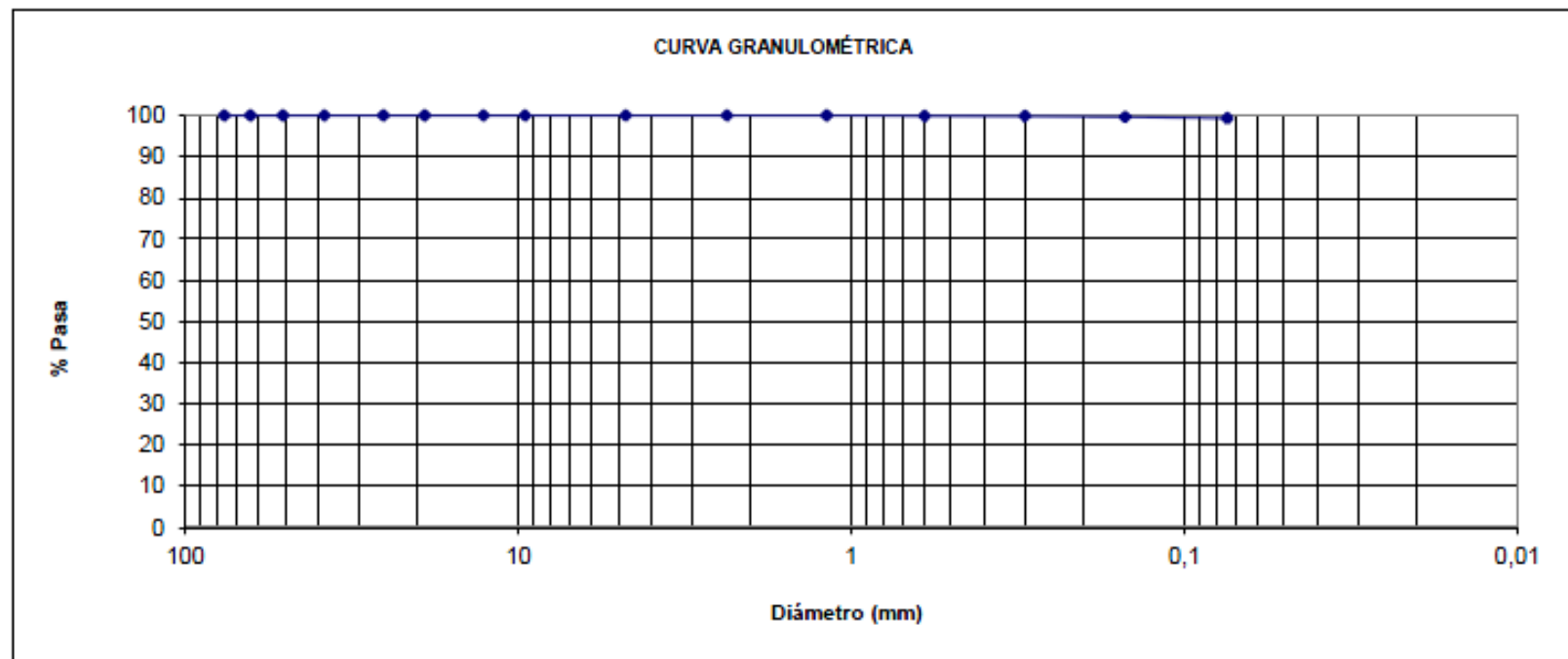
Límite Líquido %	56,9
Límite Plástico %	33,8
Índice de Plasticidad %	23,1
Clasificación	M H

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 1 **Muestra #** 3 **Profundidad (m)** 3,00 - 3,50

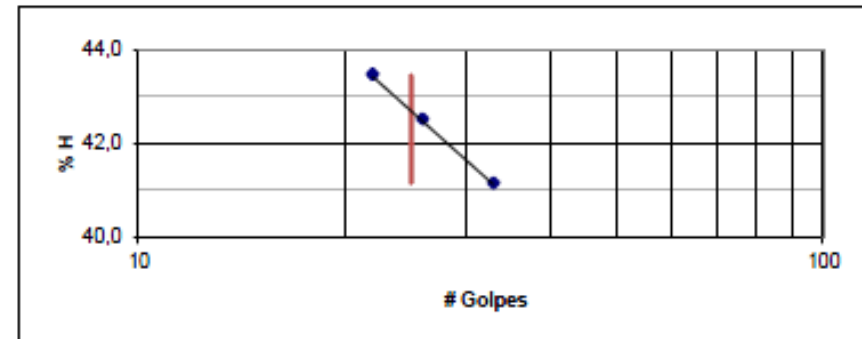
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 34,56 **Peso lavado (gr)** 4,82

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	0	0,0	0,0	100,0
# 4	0	0,0	0,0	100,0
# 8	0	0,0	0,0	100,0
# 16	0	0,0	0,0	100,0
# 30	0,14	0,4	0,4	99,6
# 50	0,08	0,2	0,6	99,4
# 100	0,34	1,0	1,6	98,4
# 200	4,2	12,2	13,8	86,2
Pasa 200	0,06			
Total	4,82			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	22	26	33	x	x	
P ₁ (gr)	42,98	44,05	43,25	15,36	15,82	58,70
P ₂ (gr)	31,73	32,69	33,14	13,63	14	48,76
P ₃ (gr)	5,85	5,97	8,57	6,5	6,68	14,20
Humedad %	43,5	42,5	41,1	24,3	24,9	28,8



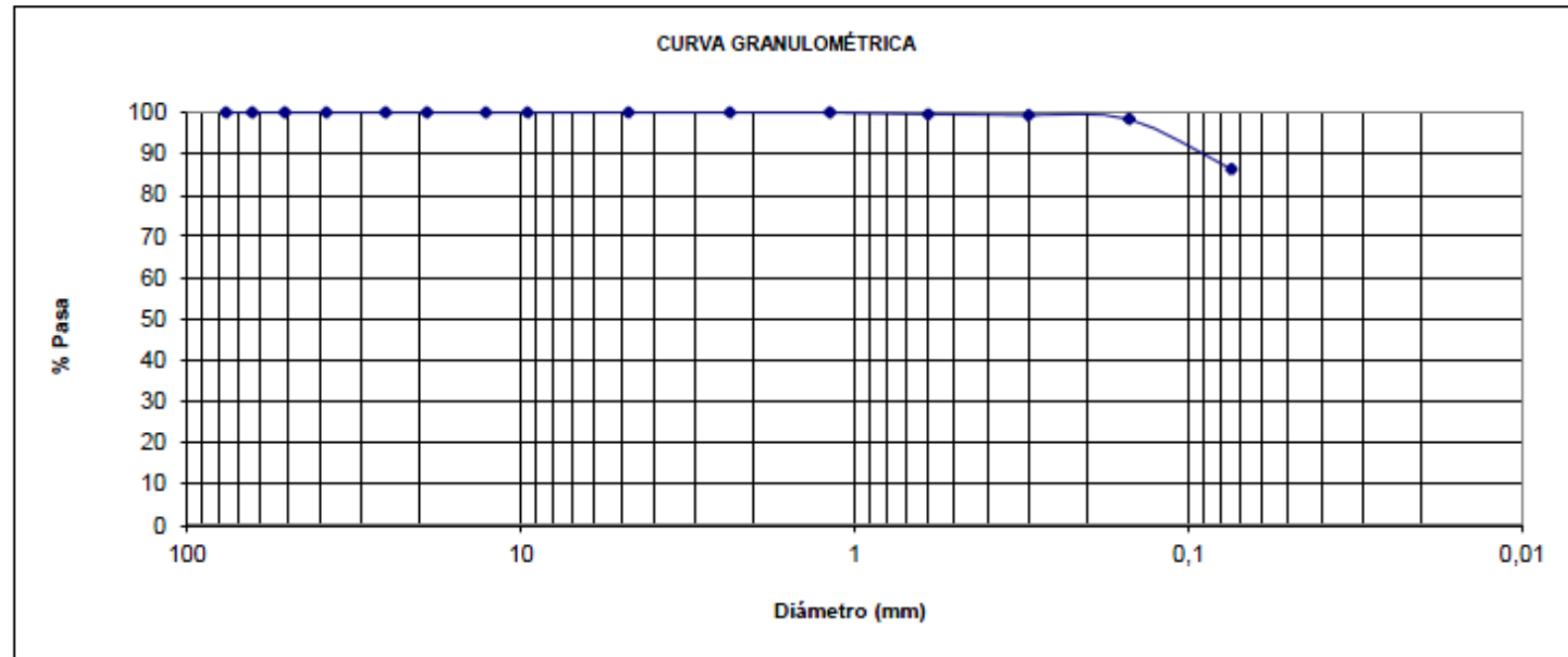
Límite Líquido %	42,7
Límite Plástico %	24,6
Índice de Plasticidad %	18,1
Clasificación	C L

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Leidy Johanna Prado
Estudiante de Ingeniería Civil

Zully De la Portilla
Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 1 **Muestra #** 4 **Profundidad (m)** 4,50 - 5,00

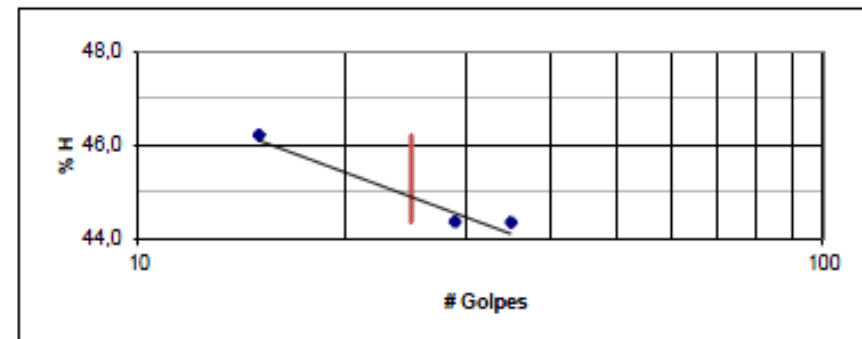
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 42,82 **Peso lavado (gr)** 0,45

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"		0,0	0,0	100,0
2"		0,0	0,0	100,0
1 1/2"		0,0	0,0	100,0
1"		0,0	0,0	100,0
3/4"		0,0	0,0	100,0
1/2"		0,0	0,0	100,0
3/8"		0,0	0,0	100,0
# 4		0,0	0,0	100,0
# 8		0,0	0,0	100,0
# 16		0,0	0,0	100,0
# 30		0,0	0,0	100,0
# 50		0,0	0,0	100,0
# 100		0,0	0,0	100,0
# 200	0,45	1,1	1,1	98,9
Pasa 200				
Total	0,45			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	15	29	35			
P ₁ (gr)	23,48	25,64	24,82	11,11	11,75	70,80
P ₂ (gr)	19,16	20,73	19,48	10,33	10,59	55,12
P ₃ (gr)	9,81	9,66	7,44	7,61	6,67	12,30
Humedad %	46,2	44,4	44,4	28,7	29,6	36,6



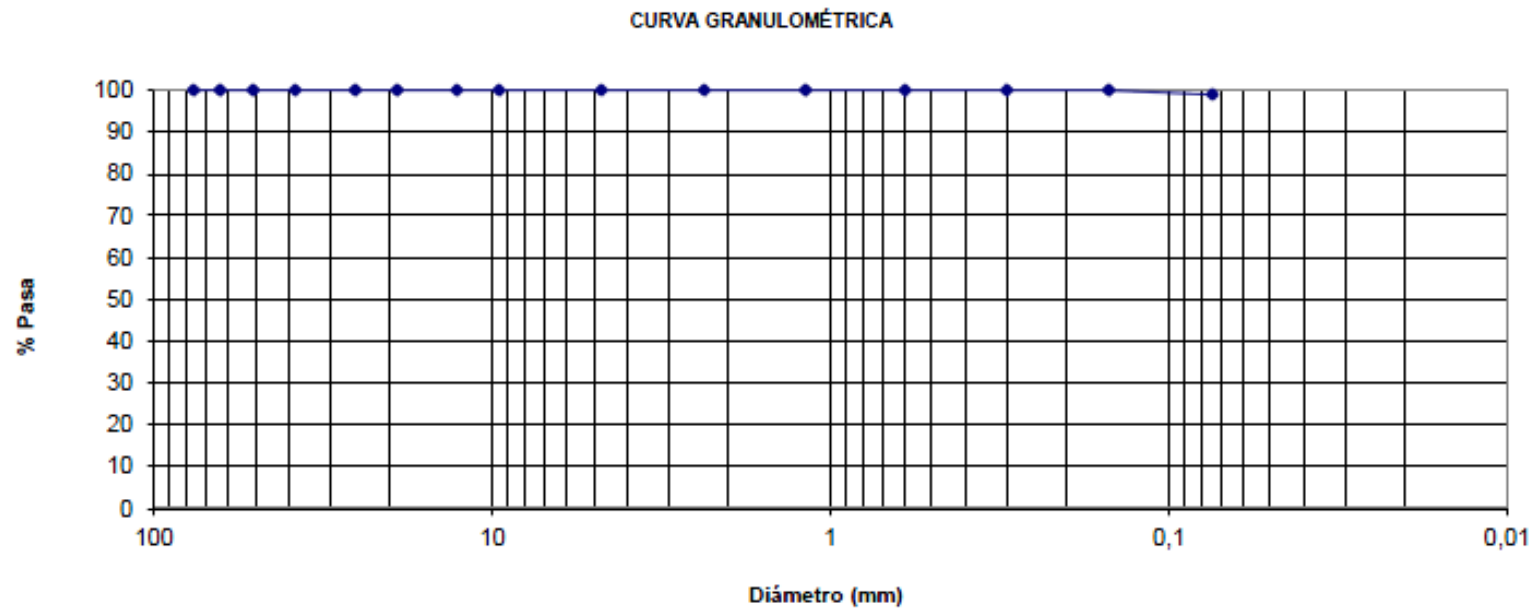
Límite Líquido %	44,8
Límite Plástico %	29,1
Índice de Plasticidad %	15,7
Clasificación	M L

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 1 **Muestra #** 5 **Profundidad (m)** 6,00 - 6,50

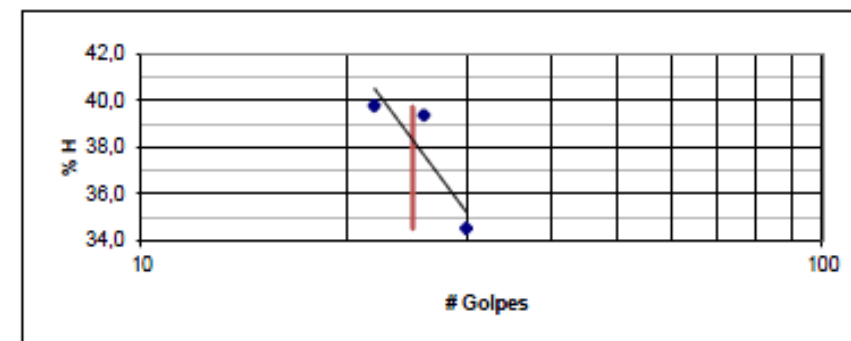
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 32,64 **Peso lavado (gr)** 4,53

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"		0,0	0,0	100,0
2"		0,0	0,0	100,0
1 1/2"		0,0	0,0	100,0
1"		0,0	0,0	100,0
3/4"		0,0	0,0	100,0
1/2"		0,0	0,0	100,0
3/8"		0,0	0,0	100,0
# 4		0,0	0,0	100,0
# 8		0,0	0,0	100,0
# 16		0,0	0,0	100,0
# 30		0,0	0,0	100,0
# 50		0,0	0,0	100,0
# 100		0,0	0,0	100,0
# 200	4,53	13,9	13,9	86,1
Pasa 200				
Total	4,53			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	22	26	30			
P ₁ (gr)	35,11	24,28	21,24	11,48	11,97	57,80
P ₂ (gr)	26,5	18,82	16,99	10,06	10,49	45,24
P ₃ (gr)	4,85	4,95	4,67	4,72	4,96	12,60
Humedad %	39,8	39,4	34,5	26,6	26,8	38,5



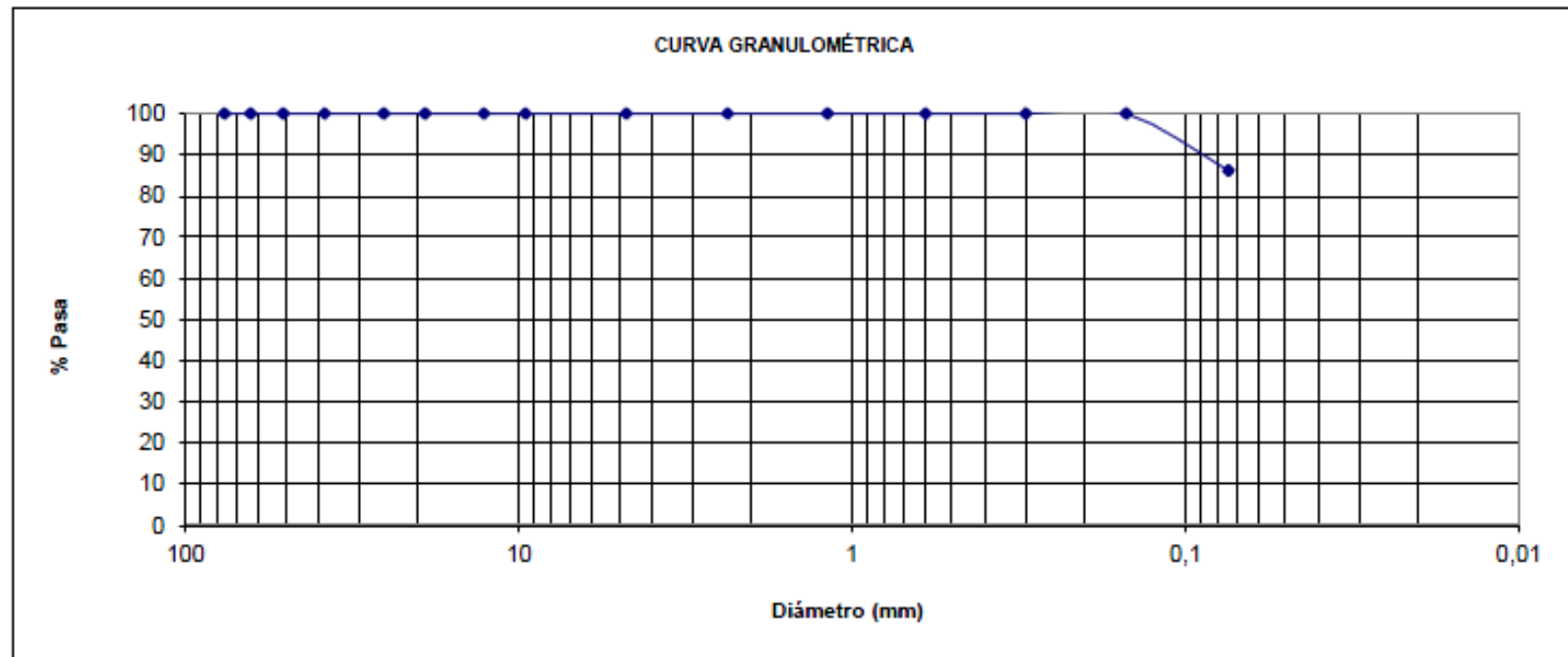
Límite Líquido %	38,4
Límite Plástico %	26,7
Índice de Plasticidad %	11,7
Clasificación	M L

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 1 **Muestra #** 6 **Profundidad (m)** 7,50 - 8,00

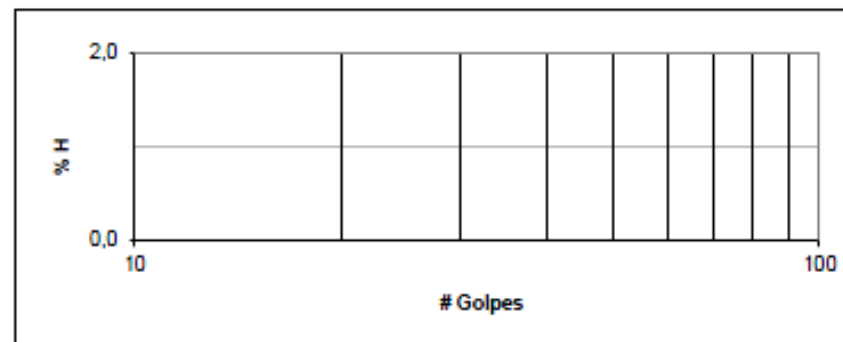
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso Inicial (gr) 236,55 **Peso lavado (gr)** 218,33

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	0	0,0	0,0	100,0
# 4	6,82	2,9	2,9	97,1
# 8	23,88	10,1	13,0	87,0
# 16	63,45	26,8	39,8	60,2
# 30	76,05	32,1	72,0	28,0
# 50	19,77	8,4	80,3	19,7
# 100	14,04	5,9	86,2	13,8
# 200	14,18	6,0	92,2	7,8
Pasa 200	0,14			
Total	218,33			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes						
P ₁ (gr)						327,20
P ₂ (gr)						301,05
P ₃ (gr)						64,50
Humedad %						11,1



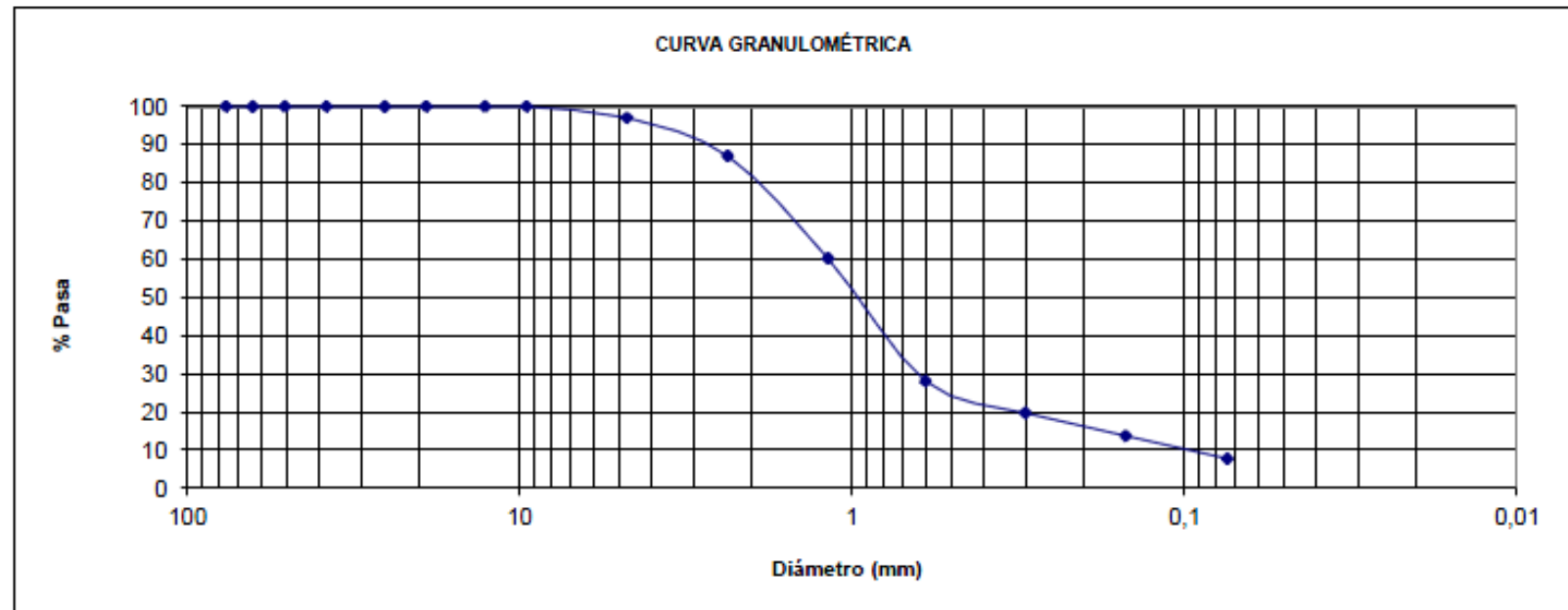
Limite Liquido %	
Limite Plástico %	NP
Índice de Plasticidad %	
Clasificación	SP SM

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



D60 (mm) 1,2 D30 (mm) 0,63 D10 (mm) 0,092

Cu 13,04
Cc 3,60

Leidy Johanna Prado
Estudiante de Ingeniería Civil

Zully De la Portilla
Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 1 **Muestra #** 7 **Profundidad (m)** 9,00 - 9,50

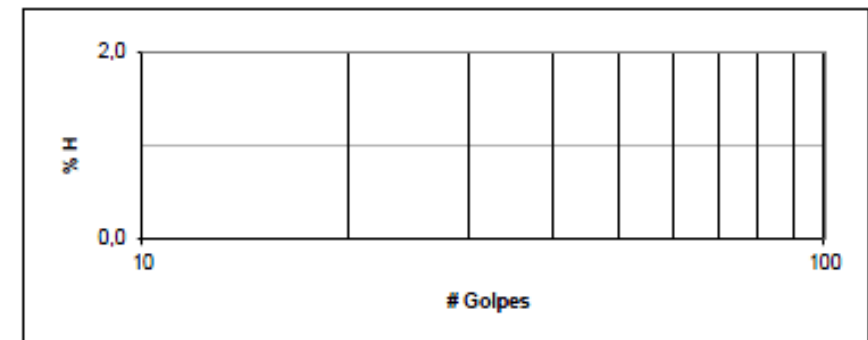
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 211,05 **Peso lavado (gr)** 177,74

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	3,89	1,7	1,7	98,3
3/8"	4,89	2,3	4,1	95,9
# 4	7,36	3,5	7,8	92,4
# 8	15,38	7,3	14,8	85,2
# 16	23,71	11,2	26,1	73,9
# 30	34,23	16,2	42,3	57,7
# 50	38,31	18,2	60,4	39,6
# 100	32,94	15,6	76,1	23,9
# 200	16,89	7,9	84,0	16,0
Pasa 200	0,54			
Total	177,74			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

Golpes	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
P ₁ (gr)						299,40
P ₂ (gr)						274,95
P ₃ (gr)						63,90
Humedad %						11,6



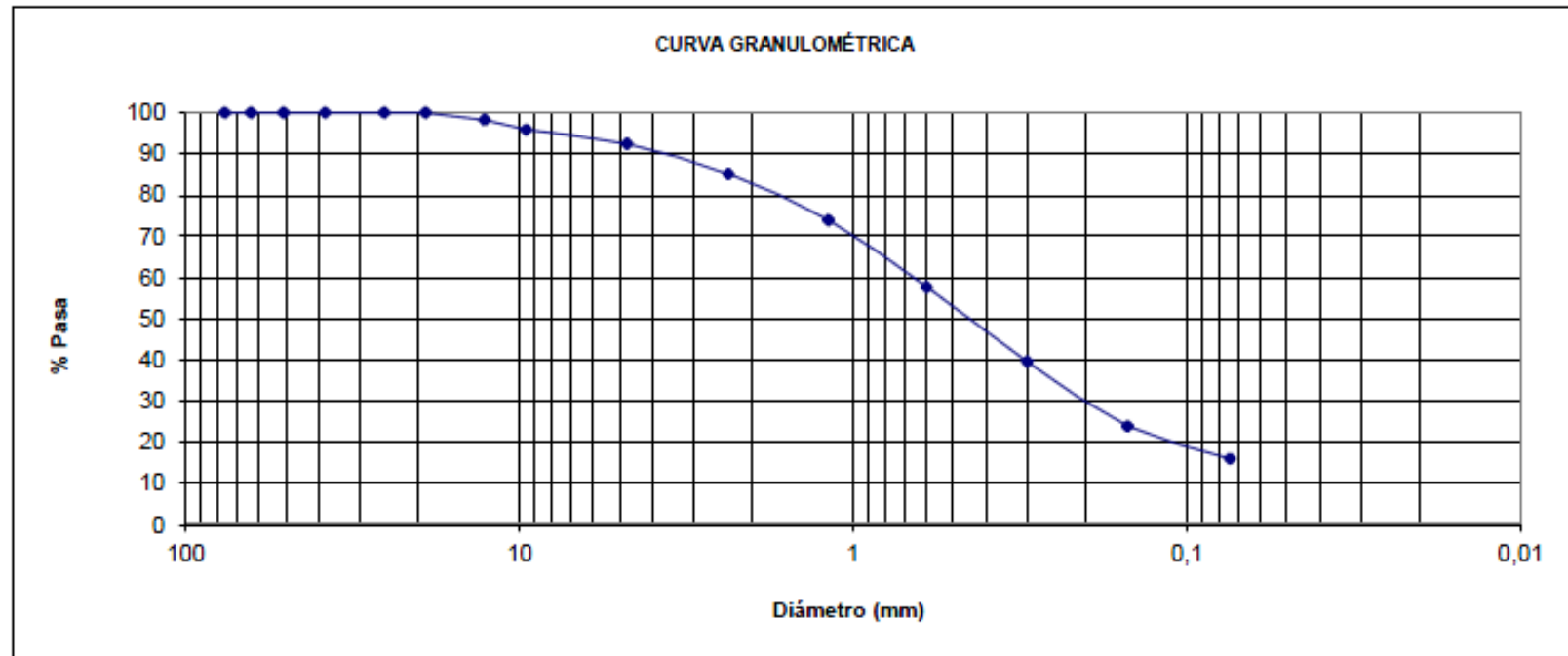
Límite Líquido %	
Límite Plástico %	NP
Índice de Plasticidad %	
Clasificación	S M

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 08-abr-12



Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 2 **Muestra #** 1 **Profundidad (m)** 0,50 - 1,00

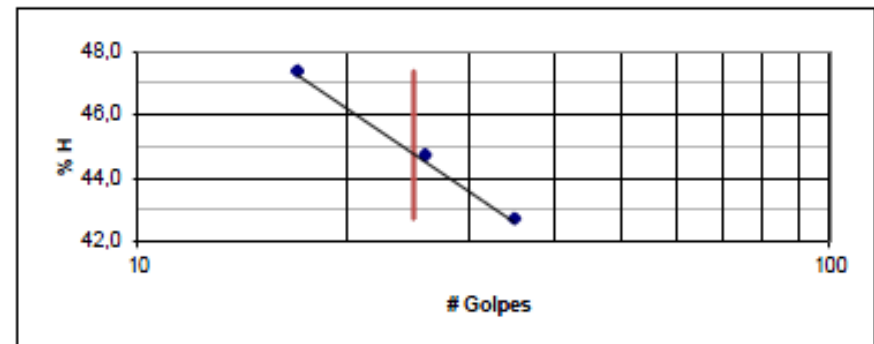
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 30,52 **Peso lavado (gr)** 22,83

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	7,74	25,4	25,4	74,6
3/8"	0	0,0	25,4	74,6
# 4	1,86	6,1	31,5	68,5
# 8	1,75	5,7	37,2	62,8
# 16	1,6	5,2	42,4	57,6
# 30	2,71	8,9	51,3	48,7
# 50	3,18	10,4	61,7	38,3
# 100	2,36	7,7	69,5	30,5
# 200	1,56	5,1	74,6	25,4
Pasa 200	0,07			
Total	22,83			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	17	26	35	x	x	
P ₁ (gr)	41,25	38,61	41,77	16,03	15,19	53,10
P ₂ (gr)	29,58	28,44	31,07	14,48	13,72	48,72
P ₃ (gr)	4,95	5,7	6,01	6,75	6,29	18,20
Humedad %	47,4	44,7	42,7	20,1	19,8	14,4



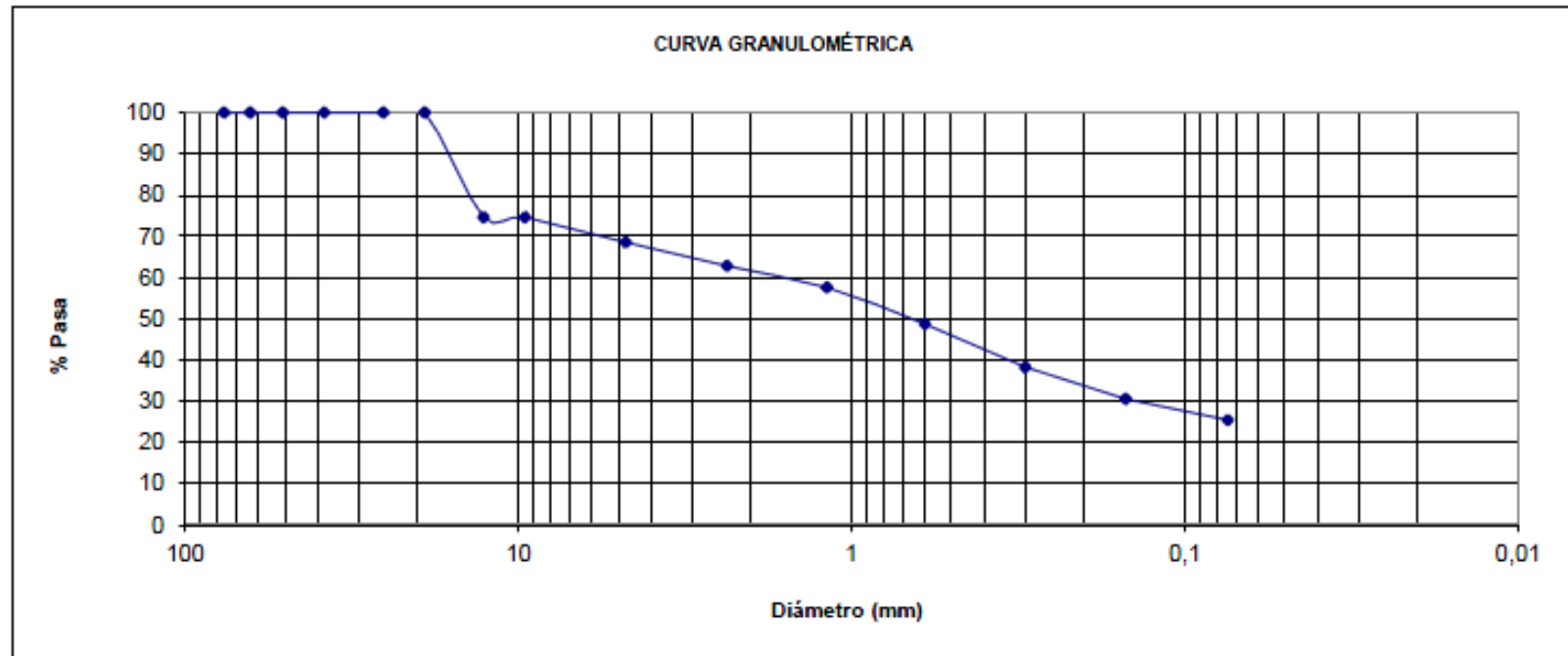
Límite Líquido %	44,9
Límite Plástico %	19,9
Índice de Plasticidad %	25,0
Clasificación	C L

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 2 **Muestra #** 2 **Profundidad (m)** 1,50 - 2,00

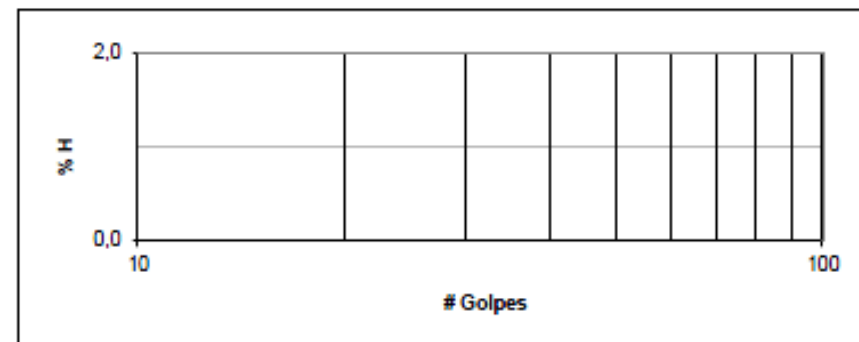
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 25,38 **Peso lavado (gr)** 12,78

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	0	0,0	0,0	100,0
# 4	2,21	8,7	8,7	91,3
# 8	0,81	3,2	11,9	88,1
# 16	1,38	5,4	17,3	82,7
# 30	1,85	7,3	24,6	75,4
# 50	2,6	10,2	34,9	65,1
# 100	2,59	10,2	45,1	54,9
# 200	1,32	5,2	50,3	49,7
Pasa 200	0,02			
Total	12,78			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes						
P ₁ (gr)						48,80
P ₂ (gr)						43,28
P ₃ (gr)						17,90
Humedad %						21,7



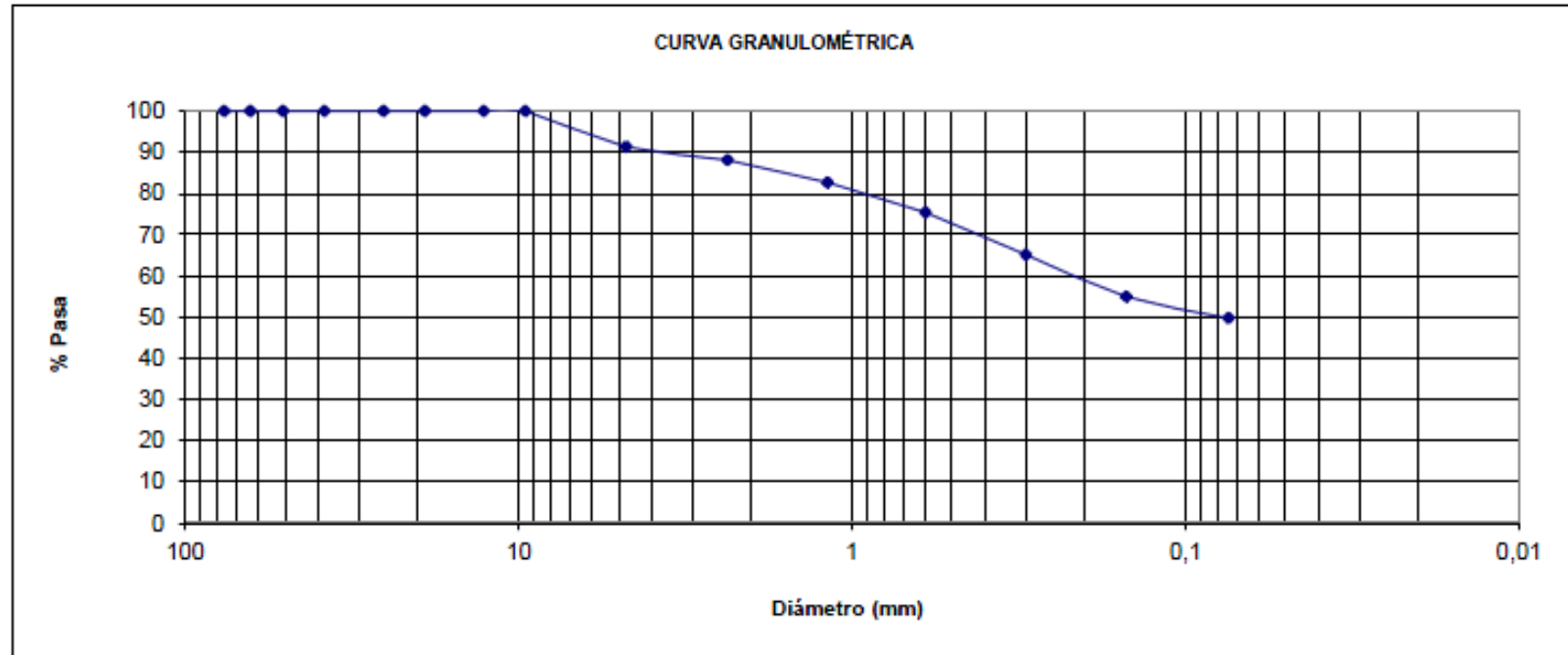
Límite Líquido %	
Límite Plástico %	NP
Índice de Plasticidad %	
Clasificación	S M

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Leidy Johanna Prado
Estudiante de Ingeniería Civil

Zully De la Portilla
Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 2 **Muestra #** 3 **Profundidad (m)** 3,00 - 3,50

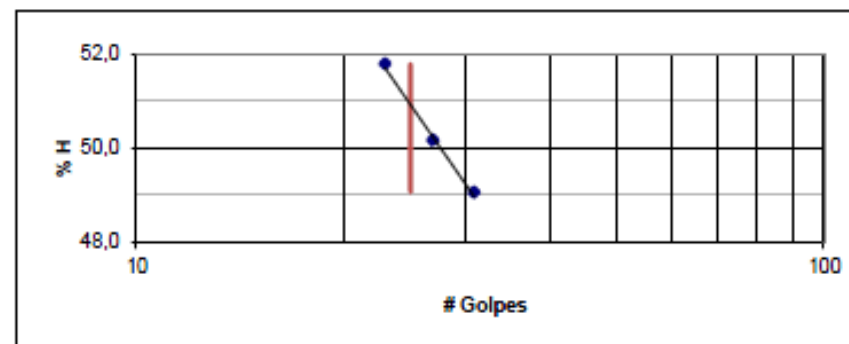
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 34,68 **Peso lavado (gr)** 1,72

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"		0,0	0,0	100,0
2"		0,0	0,0	100,0
1 1/2"		0,0	0,0	100,0
1"		0,0	0,0	100,0
3/4"		0,0	0,0	100,0
1/2"		0,0	0,0	100,0
3/8"		0,0	0,0	100,0
# 4		0,0	0,0	100,0
# 8		0,0	0,0	100,0
# 16		0,0	0,0	100,0
# 30		0,0	0,0	100,0
# 50		0,0	0,0	100,0
# 100		0,0	0,0	100,0
# 200	1,7	4,9	4,9	95,1
Pasa 200	0,02			
Total	1,72			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	23	27	31	x	x	
P ₁ (gr)	42,91	43,22	42,56	16,02	18,07	61,90
P ₂ (gr)	29,91	30,78	31,11	13,95	15,55	51,48
P ₃ (gr)	4,81	5,98	7,77	6,77	6,59	16,80
Humedad %	51,8	50,2	49,1	28,8	28,1	30,0



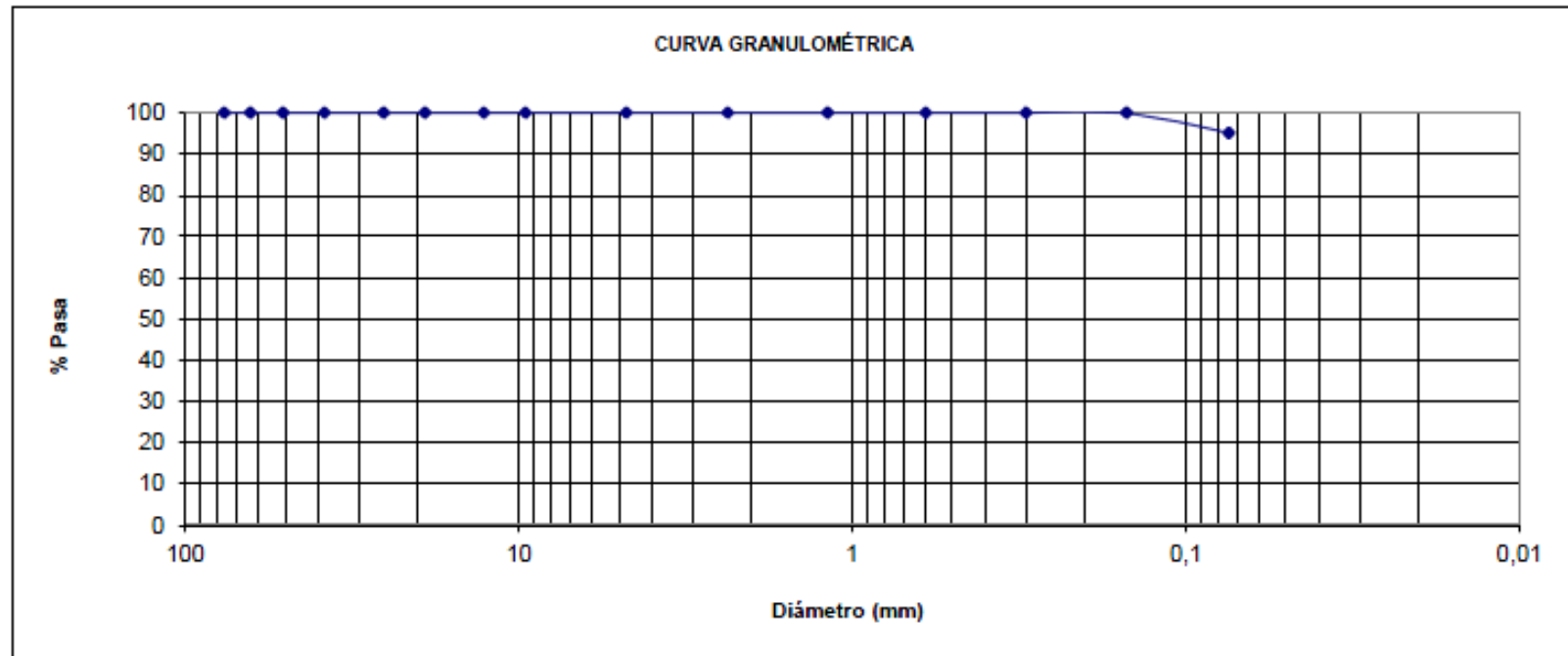
Límite Líquido %	51
Límite Plástico %	28,5
Índice de Plasticidad %	22,5
Clasificación	M H

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 2 **Muestra #** 4 **Profundidad (m)** 4,50 - 5,00

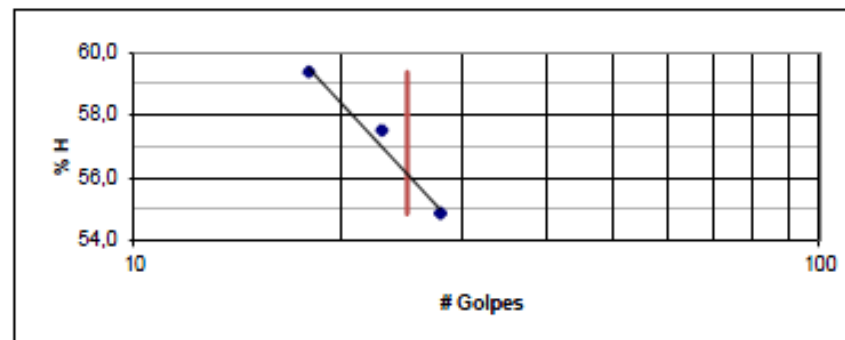
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 29,76 **Peso lavado (gr)** 0,75

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"		0,0	0,0	100,0
2"		0,0	0,0	100,0
1 1/2"		0,0	0,0	100,0
1"		0,0	0,0	100,0
3/4"		0,0	0,0	100,0
1/2"		0,0	0,0	100,0
3/8"		0,0	0,0	100,0
# 4		0,0	0,0	100,0
# 8		0,0	0,0	100,0
# 16		0,0	0,0	100,0
# 30		0,0	0,0	100,0
# 50		0,0	0,0	100,0
# 100		0,0	0,0	100,0
# 200	0,75	2,5	2,5	97,5
Pasa 200				
Total	0,75			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	28	23	18	x	x	
P ₁ (gr)	36,87	39,58	38,59	14,08	15,57	66,80
P ₂ (gr)	25,88	26,98	27,25	12,04	13,31	49,26
P ₃ (gr)	5,84	5,07	8,15	5,87	6,61	19,50
Humedad %	54,8	57,5	59,4	33,1	33,7	58,9



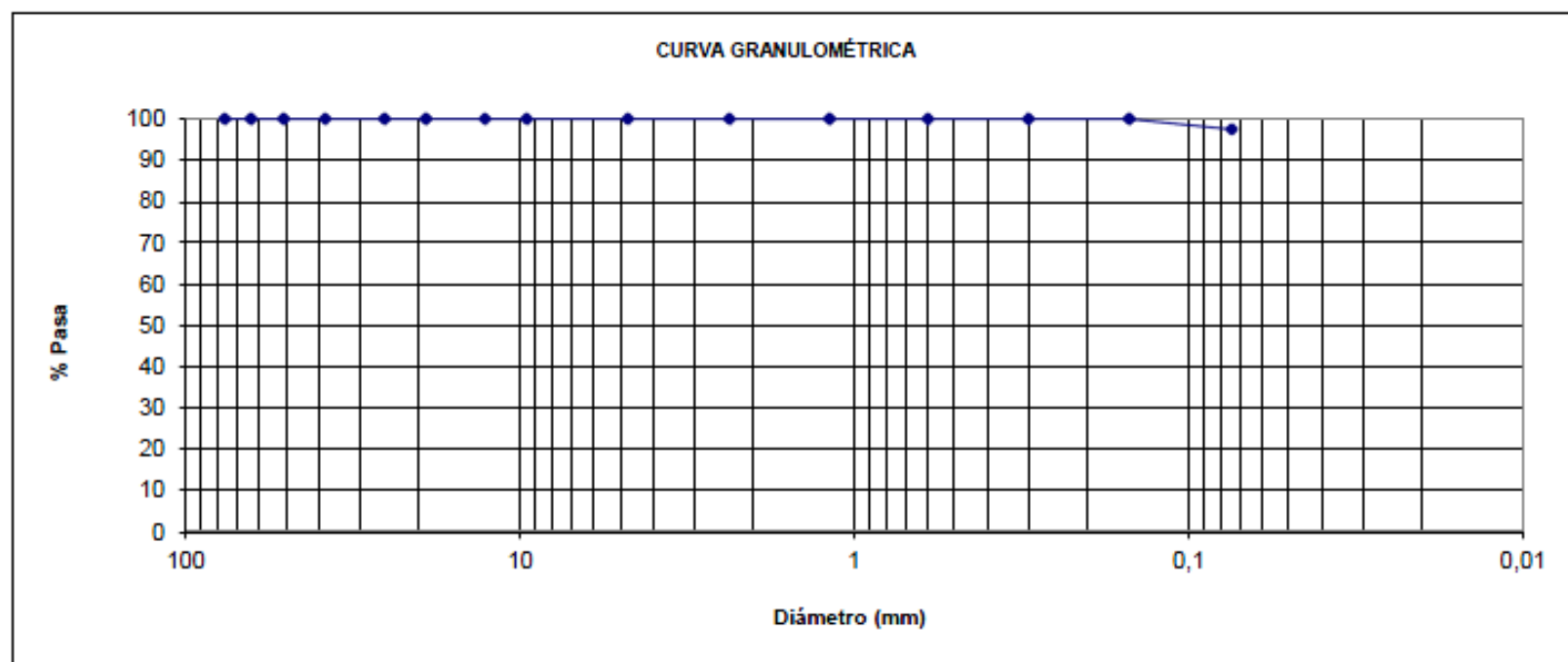
Límite Líquido %	56,1
Límite Plástico %	33,4
Índice de Plasticidad %	22,7
Clasificación	M H

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 2 **Muestra #** 5 **Profundidad (m)** 6,00 - 6,50

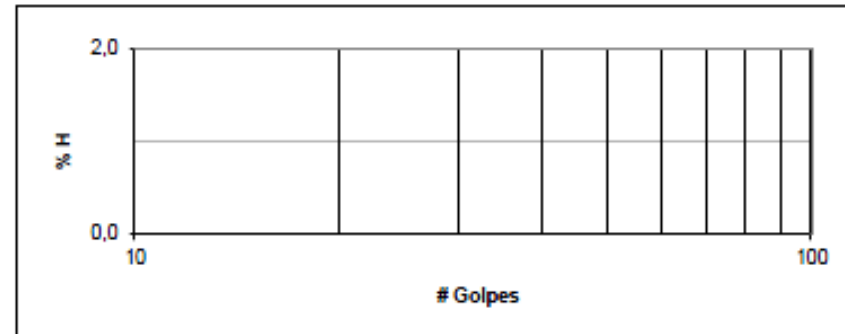
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 270,18 **Peso lavado (gr)** 235,32

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	0	0,0	0,0	100,0
# 4	1,5	0,6	0,6	99,4
# 8	6,71	2,5	3,0	97,0
# 16	27,34	10,1	13,2	86,8
# 30	77,49	28,7	41,8	58,2
# 50	56,53	20,9	62,8	37,2
# 100	40,05	14,8	77,6	22,4
# 200	25,21	9,3	86,9	13,1
Pasa 200	0,49			
Total	235,32			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

Golpes	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
P ₁ (gr)						375,40
P ₂ (gr)						332,78
P ₃ (gr)						62,60
Humedad %						15,8



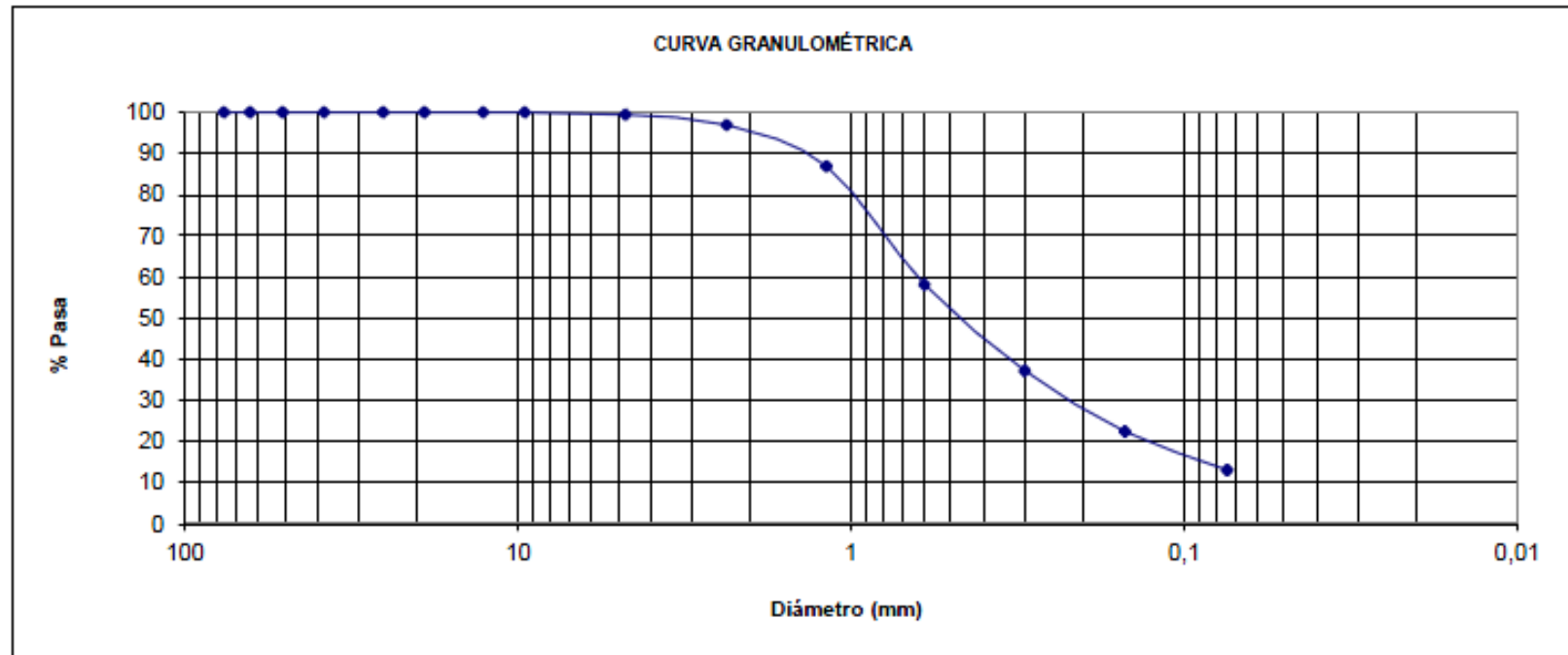
Límite Líquido %	
Límite Plástico %	NO PLÁSTICO
Índice de Plasticidad %	
Clasificación	S M

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Leidy Johanna Prado
Estudiante de Ingeniería Civil

Zully De la Portilla
Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 2 **Muestra #** 6 **Profundidad (m)** 7,50 - 8,00

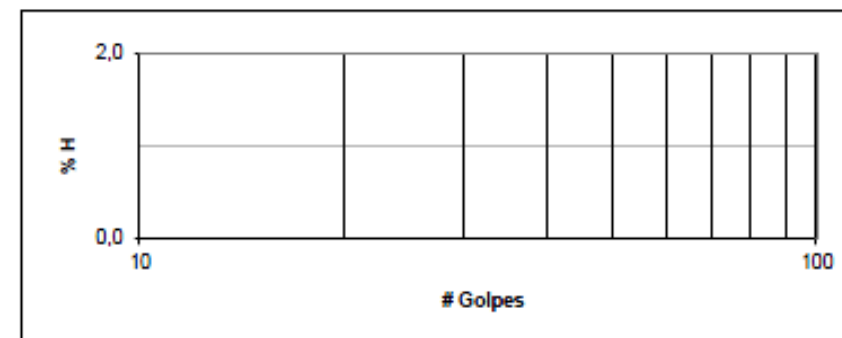
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 279,84 **Peso lavado (gr)** 244,06

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	3,29	1,2	1,2	98,8
3/8"	1,6	0,6	1,7	98,3
# 4	5,16	1,8	3,6	96,4
# 8	12,54	4,5	8,1	91,9
# 16	29,22	10,4	18,5	81,5
# 30	64,57	23,1	41,6	58,4
# 50	65,71	23,5	65,1	34,9
# 100	39,07	14,0	79,0	21,0
# 200	21,88	7,8	86,8	13,2
Pasa 200	1,02			
Total	244,06			

LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes						
P ₁ (gr)						349,50
P ₂ (gr)						312,54
P ₃ (gr)						32,70
Humedad %						13,2



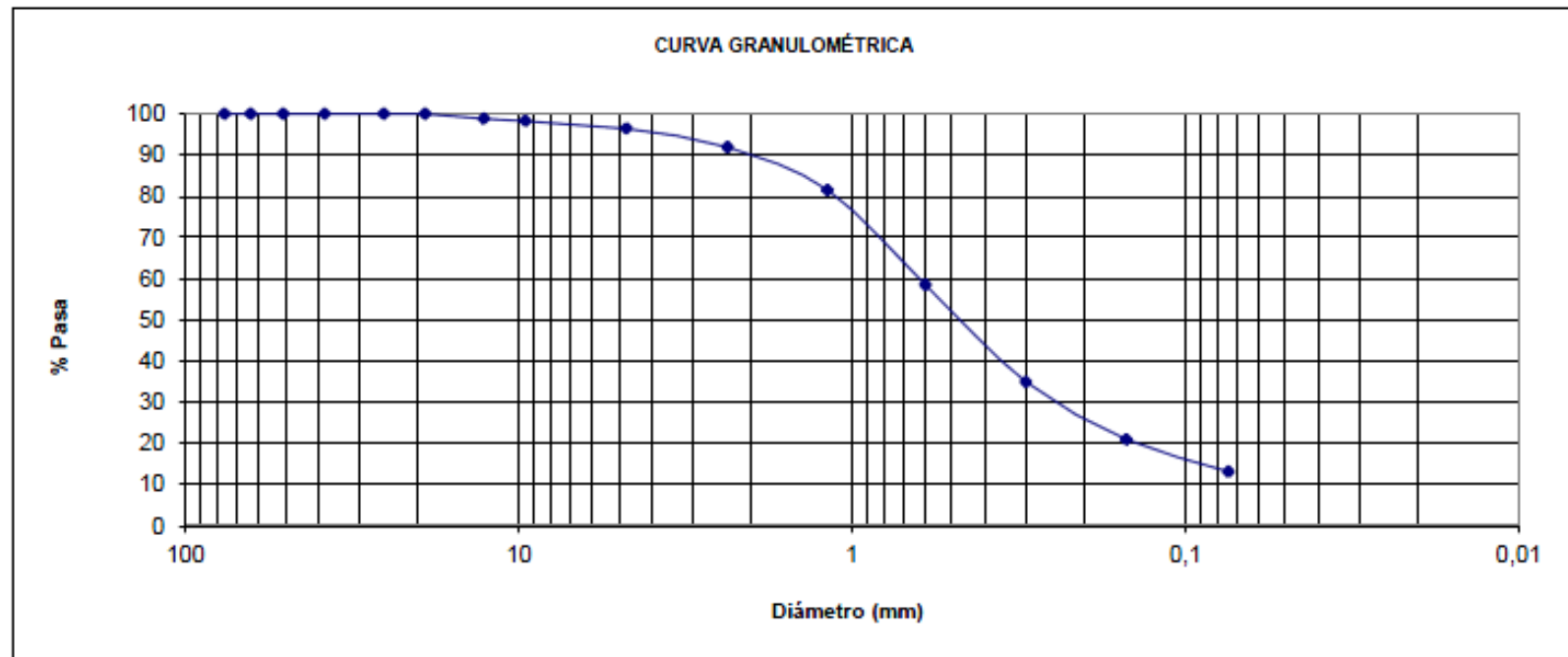
Límite Líquido %	
Límite Plástico %	NO PLÁSTICO
Índice de Plasticidad %	
Clasificación	S M

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 2 **Muestra #** 7 **Profundidad (m)** 9,00 - 9,50

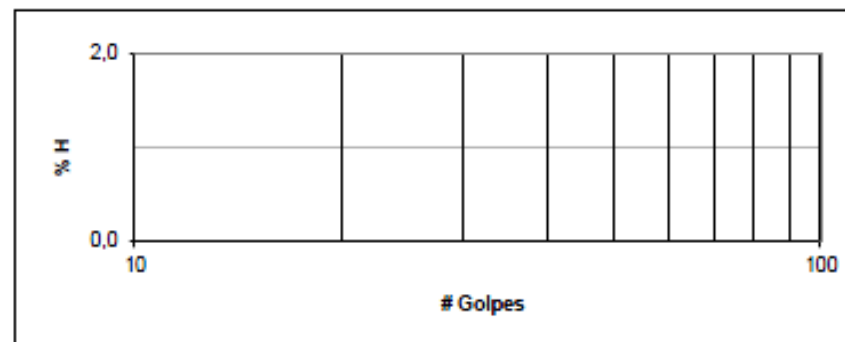
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 529,77 **Peso lavado (gr)** 453,85

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	0	0,0	0,0	100,0
# 4	11,76	2,2	2,2	97,8
# 8	19,8	3,7	6,0	94,0
# 16	44,43	8,4	14,3	85,7
# 30	112,31	21,2	35,5	64,5
# 50	126,1	23,8	59,3	40,7
# 100	93,15	17,6	76,9	23,1
# 200	44,38	8,4	85,3	14,7
Pasa 200	1,92			
Total	453,85			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes						
P ₁ (gr)						664,80
P ₂ (gr)						588,67
P ₃ (gr)						58,90
Humedad %						14,4



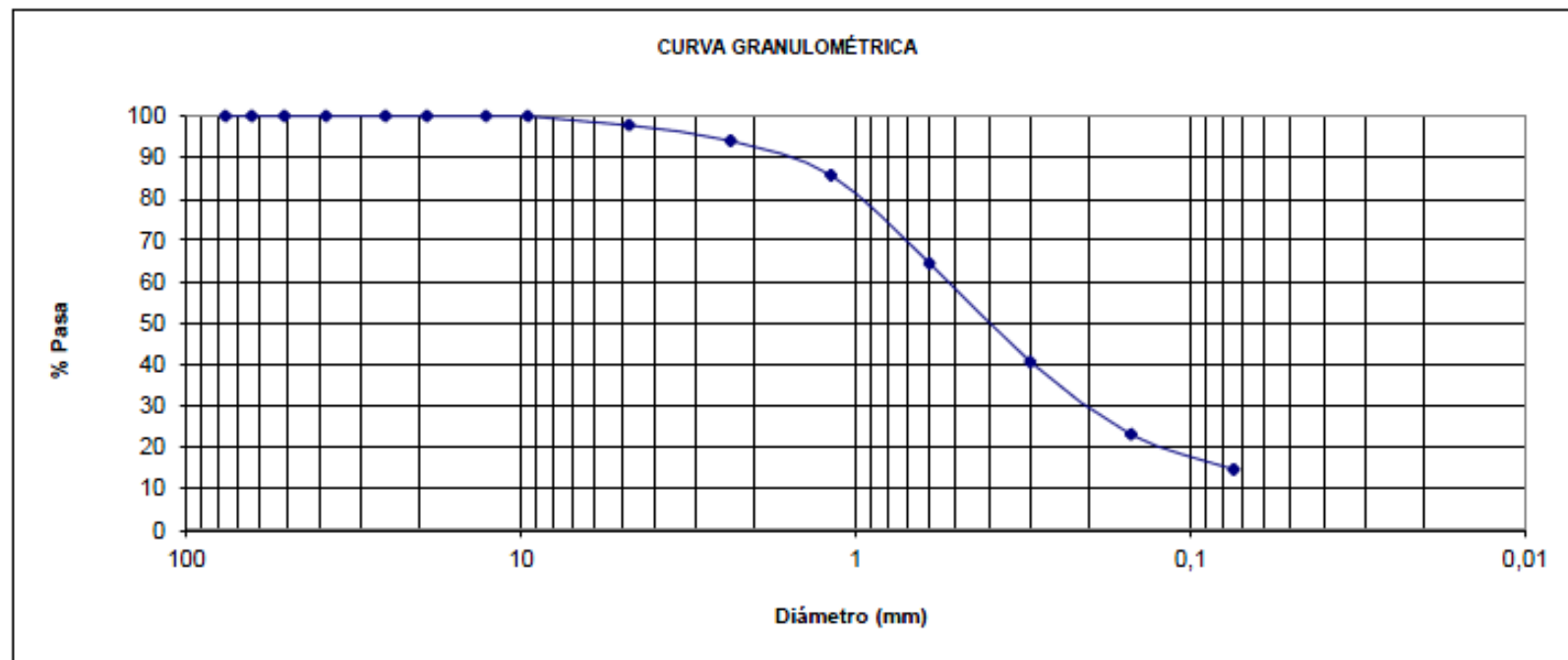
Límite Líquido %	
Límite Plástico %	NO PLÁSTICO
Índice de Plasticidad %	
Clasificación	S M

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Leidy Johanna Prado
Estudiante de Ingeniería Civil

Zully De la Portilla
Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 3 **Muestra #** 1 **Profundidad (m)** 0,50 - 1,00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 34,98 **Peso lavado (gr)** 7,75

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	0	0,0	0,0	100,0
# 4	0	0,0	0,0	100,0
# 8	1,17	3,3	3,3	96,7
# 16	1,81	5,2	8,5	91,5
# 30	1,1	3,1	11,7	88,3
# 50	0,93	2,7	14,3	85,7
# 100	1,3	3,7	18,0	82,0
# 200	1,42	4,1	22,1	77,9
Pasa 200	0,02			
Total	7,75			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	29	26	17	x	x	
P ₁ (gr)	34,69	36,85	42,59	11,03	11,97	62,10
P ₂ (gr)	26,47	28,12	31,65	9,64	10,41	54,38
P ₃ (gr)	5,68	6,34	7,48	4,2	4,33	19,40
Humedad %	39,5	40,1	45,3	25,6	25,7	22,1



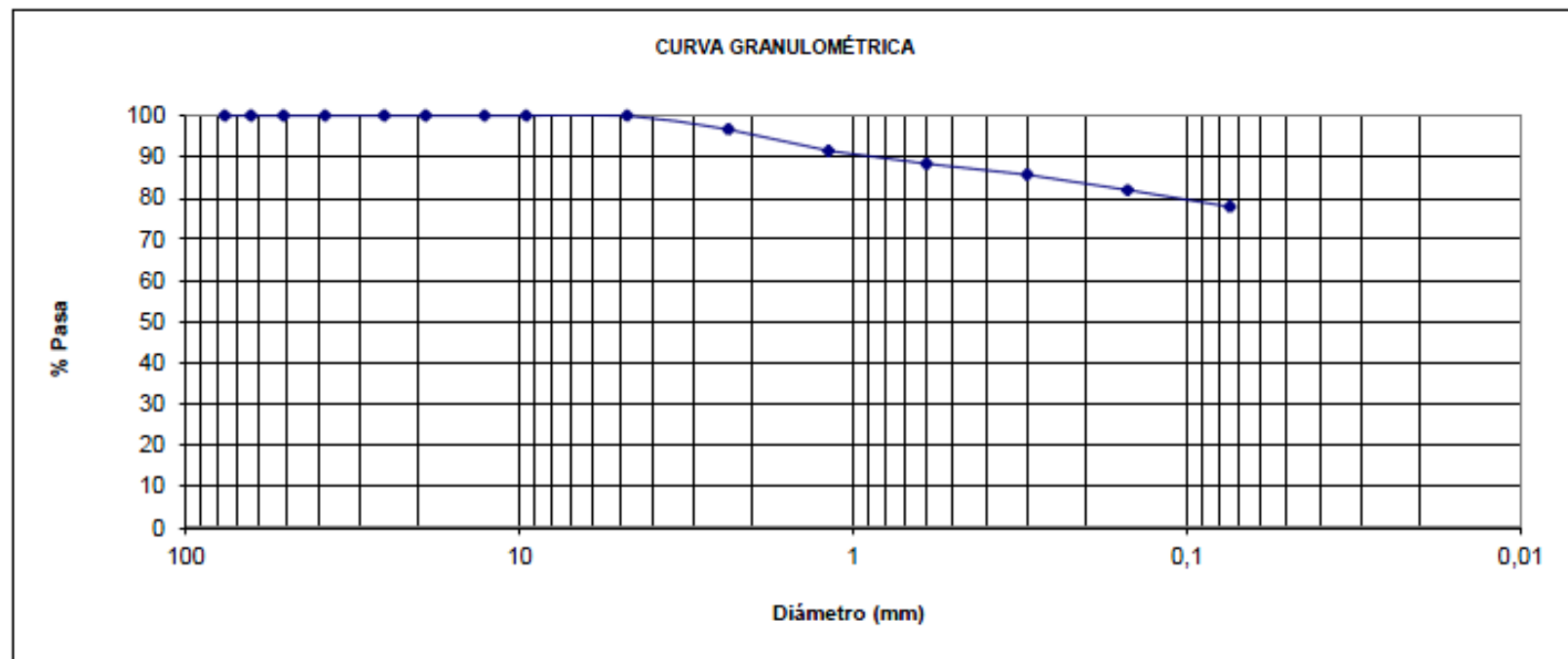
Límite Líquido %	40,7
Límite Plástico %	25,6
Índice de Plasticidad %	15,1
Clasificación	M L

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 08-abr-12



Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 3 **Muestra #** 2 **Profundidad (m)** 1,50 - 2,00

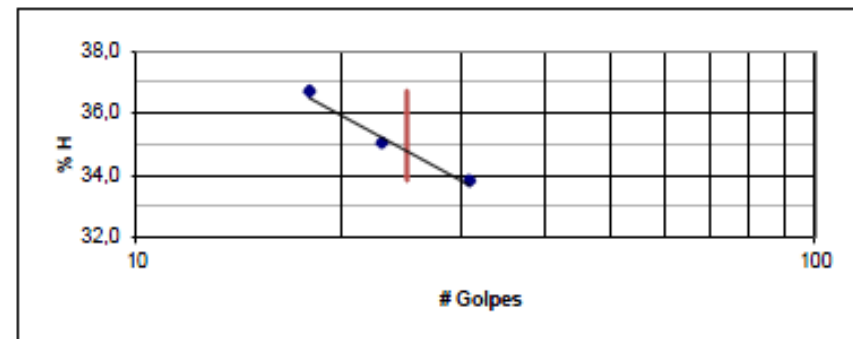
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 35,87 **Peso lavado (gr)** 19,8

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	2,25	6,3	6,3	93,7
# 4	2,09	5,8	12,1	87,9
# 8	3,88	10,8	22,9	77,1
# 16	2,57	7,2	30,1	69,9
# 30	2,47	6,9	37,0	63,0
# 50	2,29	6,4	43,4	56,6
# 100	2,36	6,6	49,9	50,1
# 200	1,85	5,2	55,1	44,9
Pasa 200	0,04			
Total	19,8			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	18	23	31	x	x	
P ₁ (gr)	54,25	57,21	48,7	16,7	16,36	61,90
P ₂ (gr)	41,36	44,03	38,44	14,8	14,51	55,17
P ₃ (gr)	6,25	6,41	8,09	6,64	6,5	19,30
Humedad %	36,7	35,0	33,8	23,3	23,1	18,8



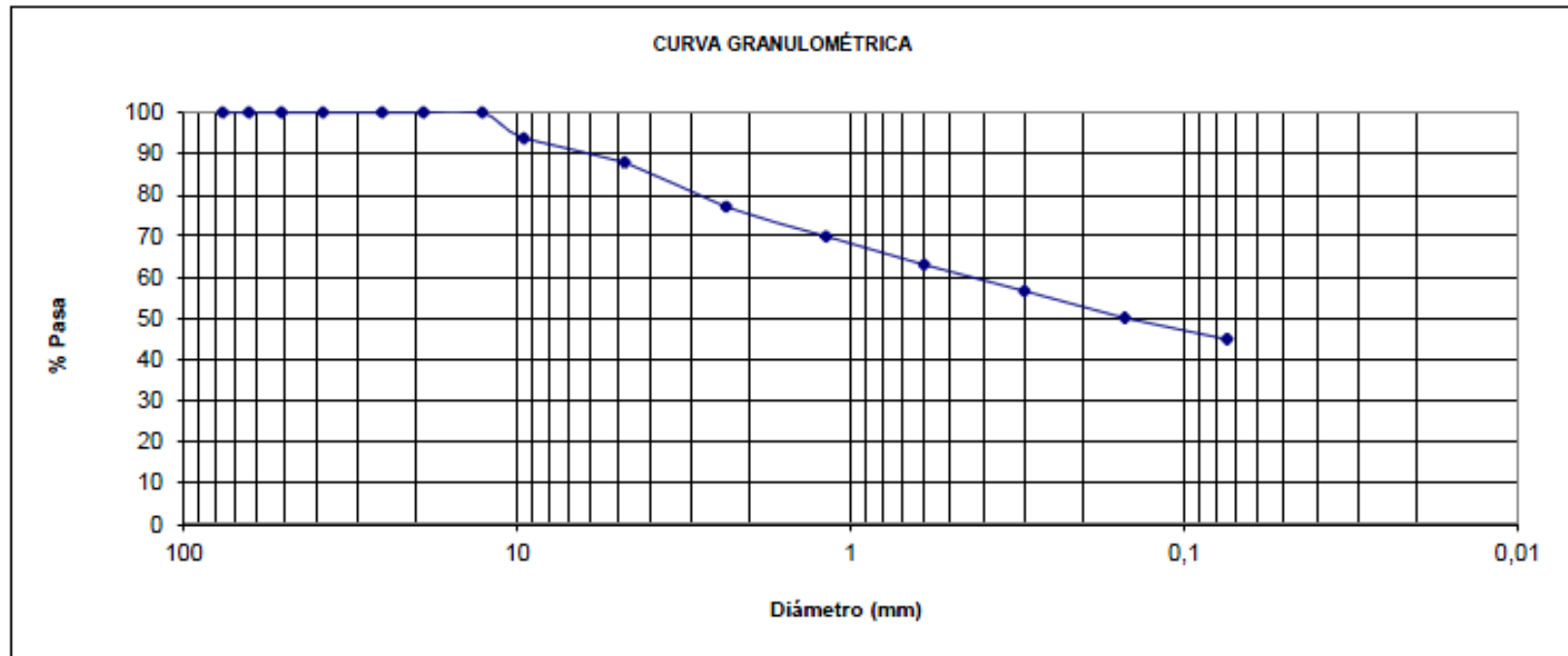
Límite Líquido %	40,7
Límite Plástico %	23,2
Índice de Plasticidad %	17,5
Clasificación	C L

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 3 **Muestra #** 3 **Profundidad (m)** 3,50 - 4,00

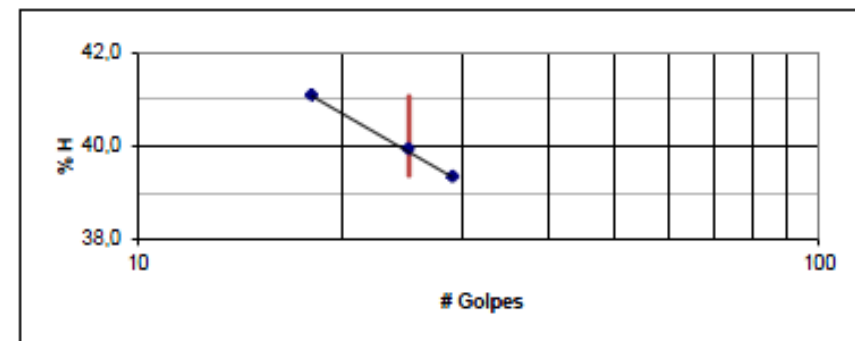
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 20,91 **Peso lavado (gr)** 10,44

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	3,25	15,5	15,5	84,5
3/8"	0	0,0	15,5	84,5
# 4	0,23	1,1	16,6	83,4
# 8	0,38	1,8	18,5	81,5
# 16	0,21	1,0	19,5	80,5
# 30	0,21	1,0	20,5	79,5
# 50	0,26	1,2	21,7	78,3
# 100	1,2	5,7	27,5	72,5
# 200	4,61	22,0	49,5	50,5
Pasa 200	0,09			
Total	10,44			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

Golpes	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
	18	25	29	x	x	
P ₁ (gr)	41	36,09	42,62	16,05	14,78	39,20
P ₂ (gr)	30,33	26,98	31,91	14,14	13,14	33,81
P ₃ (gr)	4,36	4,17	4,69	6,46	6,42	12,90
Humedad %	41,1	39,9	39,3	24,9	24,4	25,8



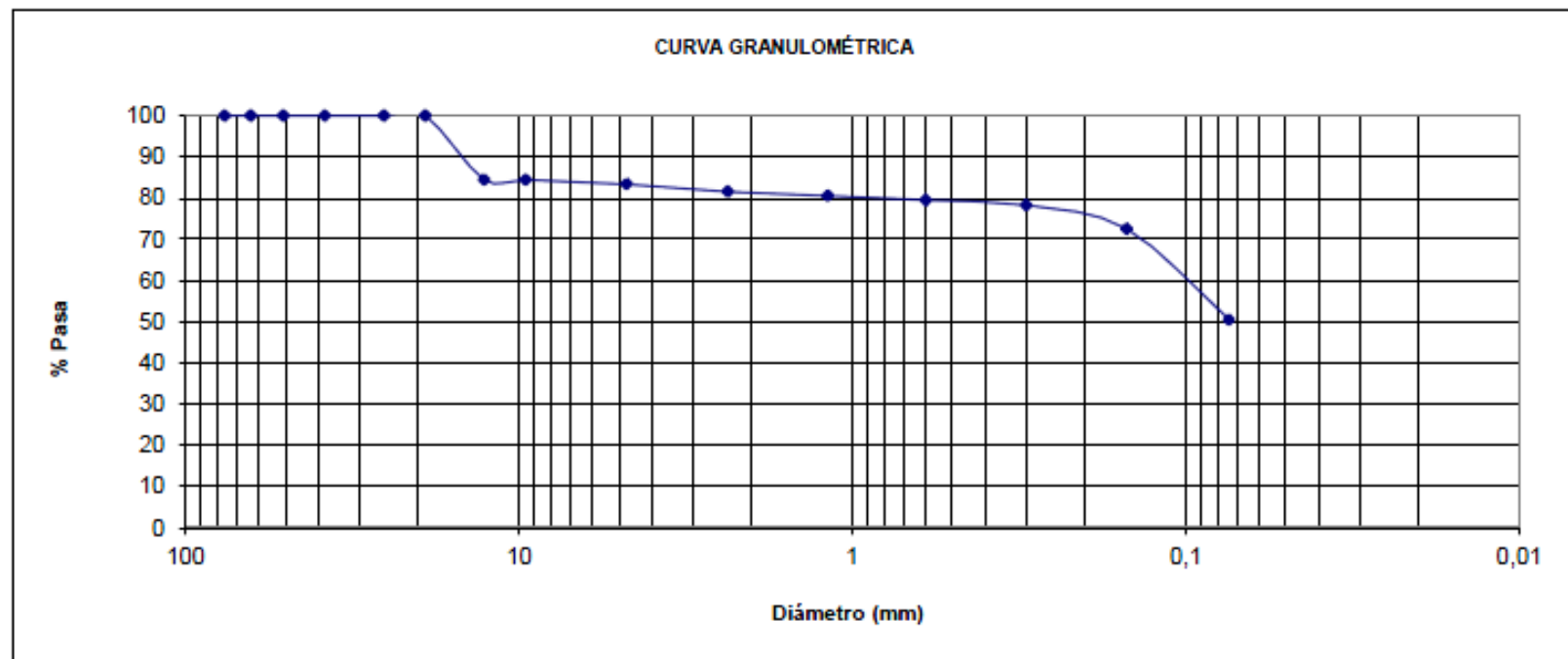
Límite Líquido %	39,9
Límite Plástico %	24,6
Índice de Plasticidad %	15,3
Clasificación	C L

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA

Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12

Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 3

Muestra # 5

Profundidad (m) 6,00 - 6,50

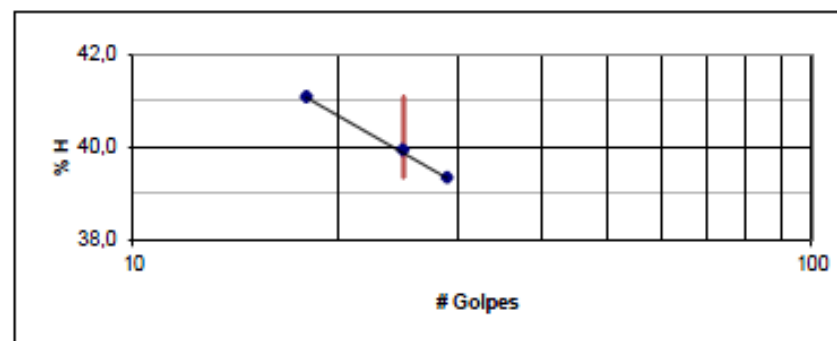
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 27,19 **Peso lavado (gr)** 12,7

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	0	0,0	0,0	100,0
# 4	0	0,0	0,0	100,0
# 8	0	0,0	0,0	100,0
# 16	0,01	0,0	0,0	100,0
# 30	0,03	0,1	0,1	99,9
# 50	0,21	0,8	0,9	99,1
# 100	3,71	13,6	14,6	85,4
# 200	8,61	31,7	46,2	53,8
Pasa 200	0,13			
Total	12,7			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	18	25	29	x	x	
P ₁ (gr)	41	36,09	42,62	16,05	14,78	55,90
P ₂ (gr)	30,33	26,98	31,91	14,14	13,14	45,99
P ₃ (gr)	4,36	4,17	4,69	6,46	6,42	18,80
Humedad %	41,1	39,9	39,3	24,9	24,4	36,4



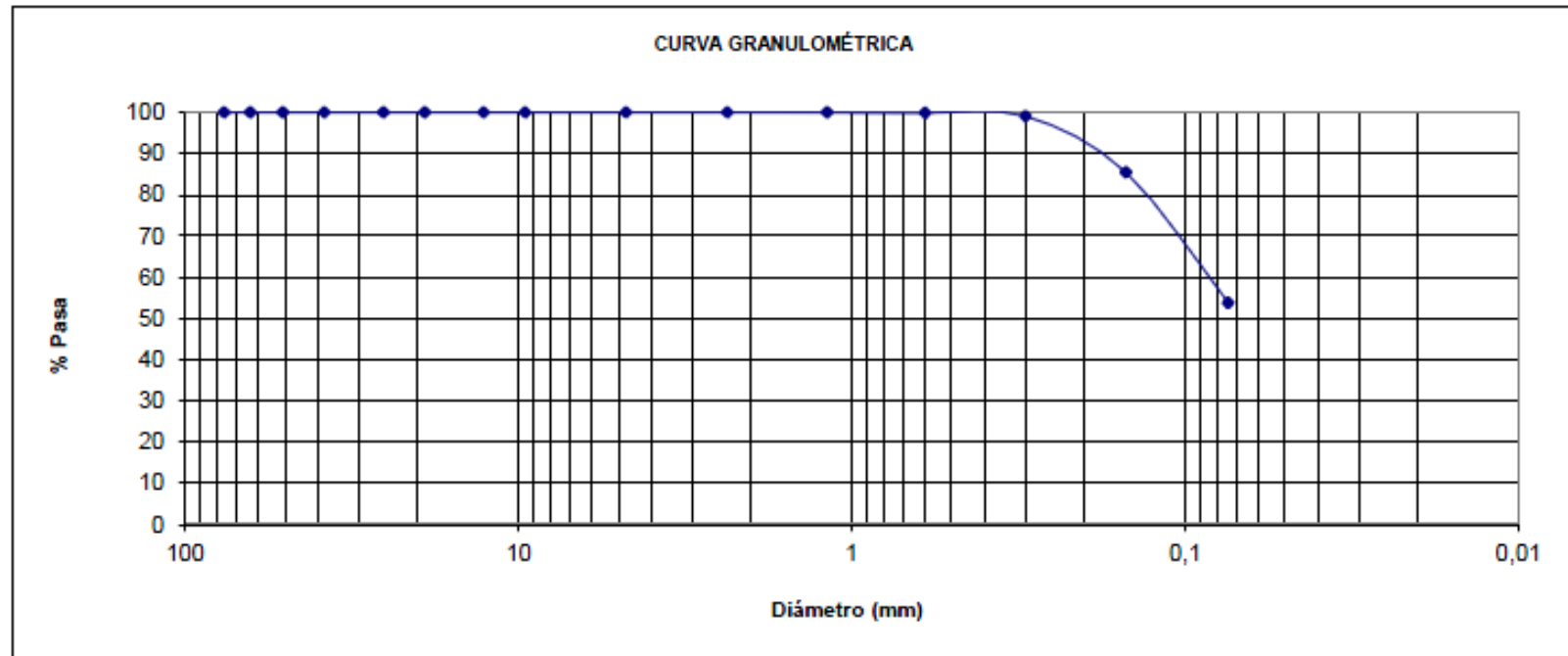
Límite Líquido %	39,9
Límite Plástico %	24,6
Índice de Plasticidad %	15,3
Clasificación	C L

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 08-abr-12

Sondeo # 3 **Muestra #** 6 **Profundidad (m)** 7,50 - 8,00

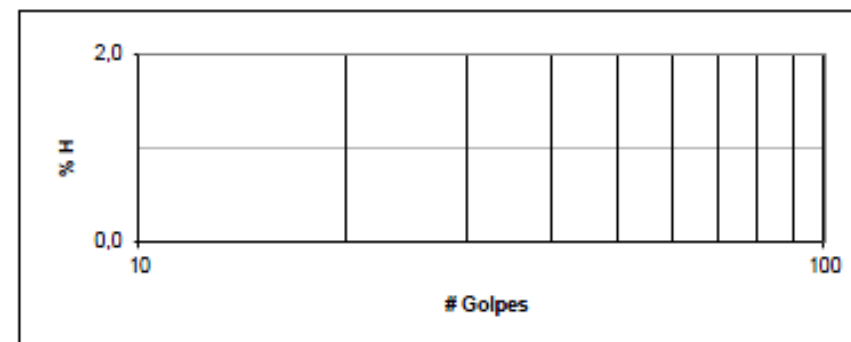
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 28,51 **Peso lavado (gr)** 17,09

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	0	0,0	0,0	100,0
# 4	0	0,0	0,0	100,0
# 8	0	0,0	0,0	100,0
# 16	0,01	0,0	0,0	100,0
# 30	0,04	0,1	0,2	99,8
# 50	0,29	1,0	1,2	98,8
# 100	6,13	21,5	22,7	77,3
# 200	10,42	36,5	59,2	40,8
Pasa 200	0,2			
Total	17,09			

LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes						
P ₁ (gr)						50,70
P ₂ (gr)						41,41
P ₃ (gr)						12,90
Humedad %						32,6



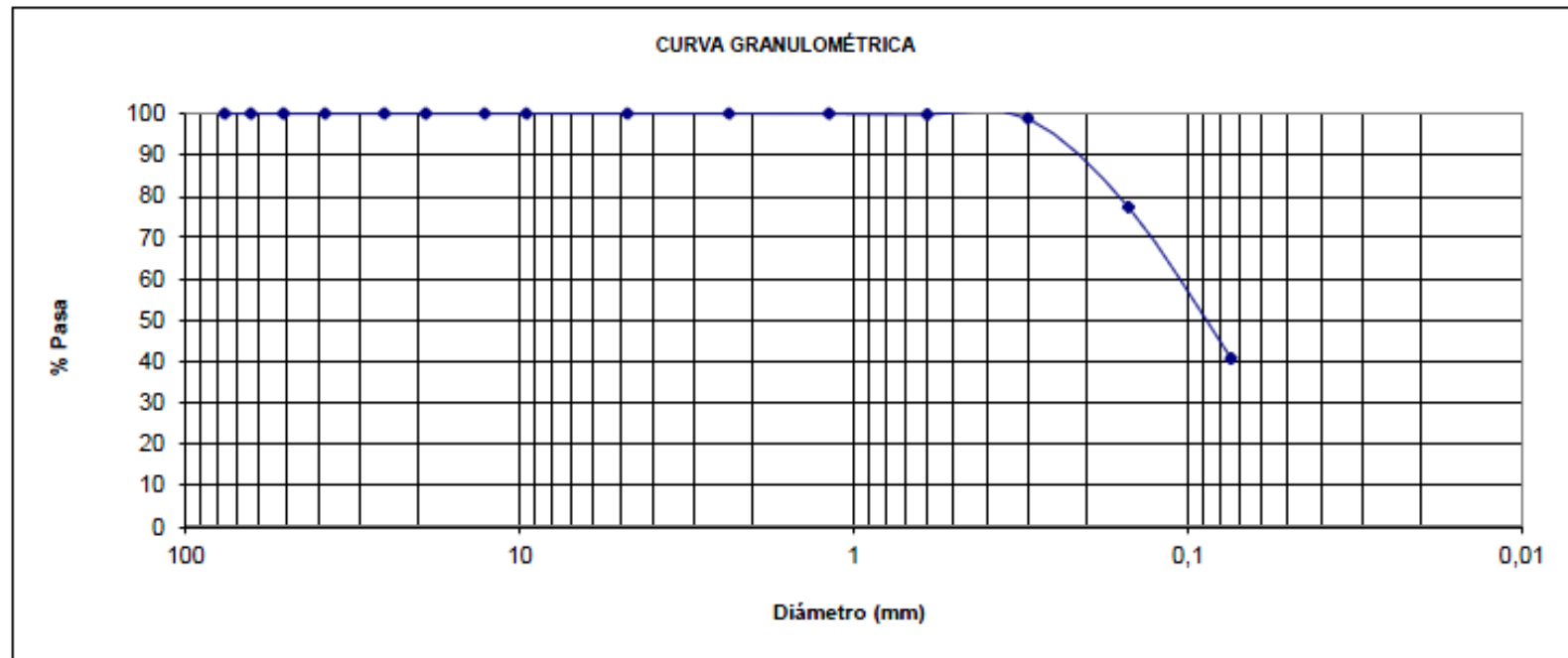
Límite Líquido %	
Límite Plástico %	NP
Índice de Plasticidad %	
Clasificación	S M

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 4 **Muestra #** 1 **Profundidad (m)** 0,50 - 1,00

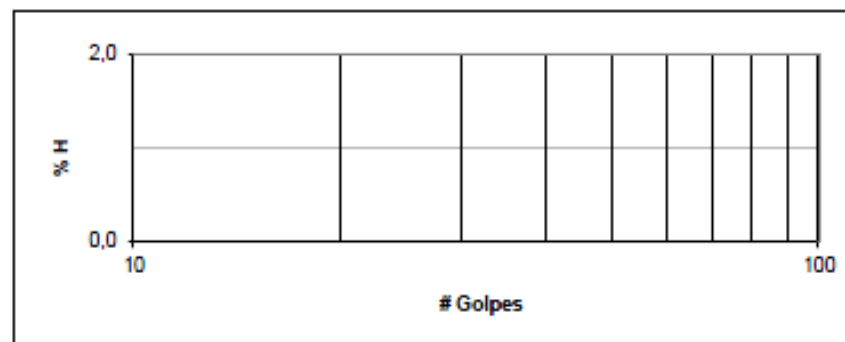
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 389,32 **Peso lavado (gr)** 334,16

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	14,2	3,6	3,6	96,4
1/2"	11,82	3,0	6,7	93,3
3/8"	7,65	2,0	8,6	91,4
# 4	20,32	5,2	13,9	86,1
# 8	17,27	4,4	18,3	81,7
# 16	23,3	6,0	24,3	75,7
# 30	52,6	13,5	37,8	62,2
# 50	81,5	20,9	58,7	41,3
# 100	78,22	20,1	78,8	21,2
# 200	26,51	6,8	85,6	14,4
Pasa 200	0,77			
Total	334,16			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes						
P ₁ (gr)						489,80
P ₂ (gr)						455,32
P ₃ (gr)						66,00
Humedad %						8,9



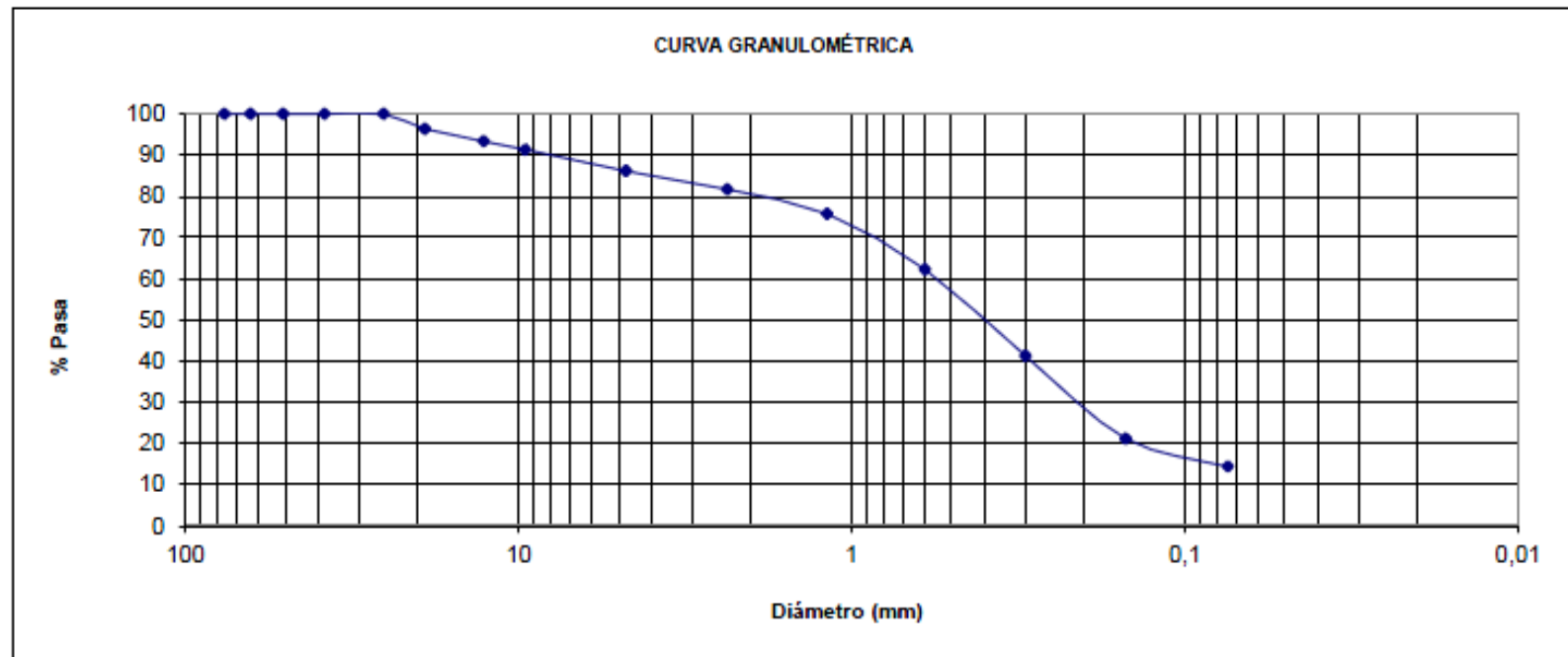
Límite Líquido %	
Límite Plástico %	NP
Índice de Plasticidad %	
Clasificación	S M

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 4 **Muestra #** 2 **Profundidad (m)** 1,50 - 2,00

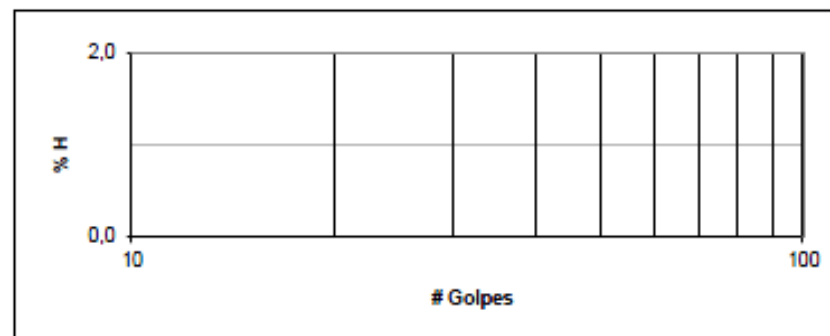
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 360,23 **Peso lavado (gr)** 285,08

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	32,71	9,1	9,1	90,9
1/2"	16,16	4,5	13,6	86,4
3/8"	2,84	0,8	14,4	85,6
# 4	23,4	6,5	20,9	79,1
# 8	23,9	6,6	27,5	72,5
# 16	25,02	6,9	34,4	65,6
# 30	38,6	10,7	45,1	54,9
# 50	48,08	13,3	58,5	41,5
# 100	47,69	13,2	71,7	28,3
# 200	26,1	7,2	79,0	21,0
Pasa 200	0,58			
Total	285,08			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes						
P ₁ (gr)						458,50
P ₂ (gr)						419,03
P ₃ (gr)						58,80
Humedad %						11,0



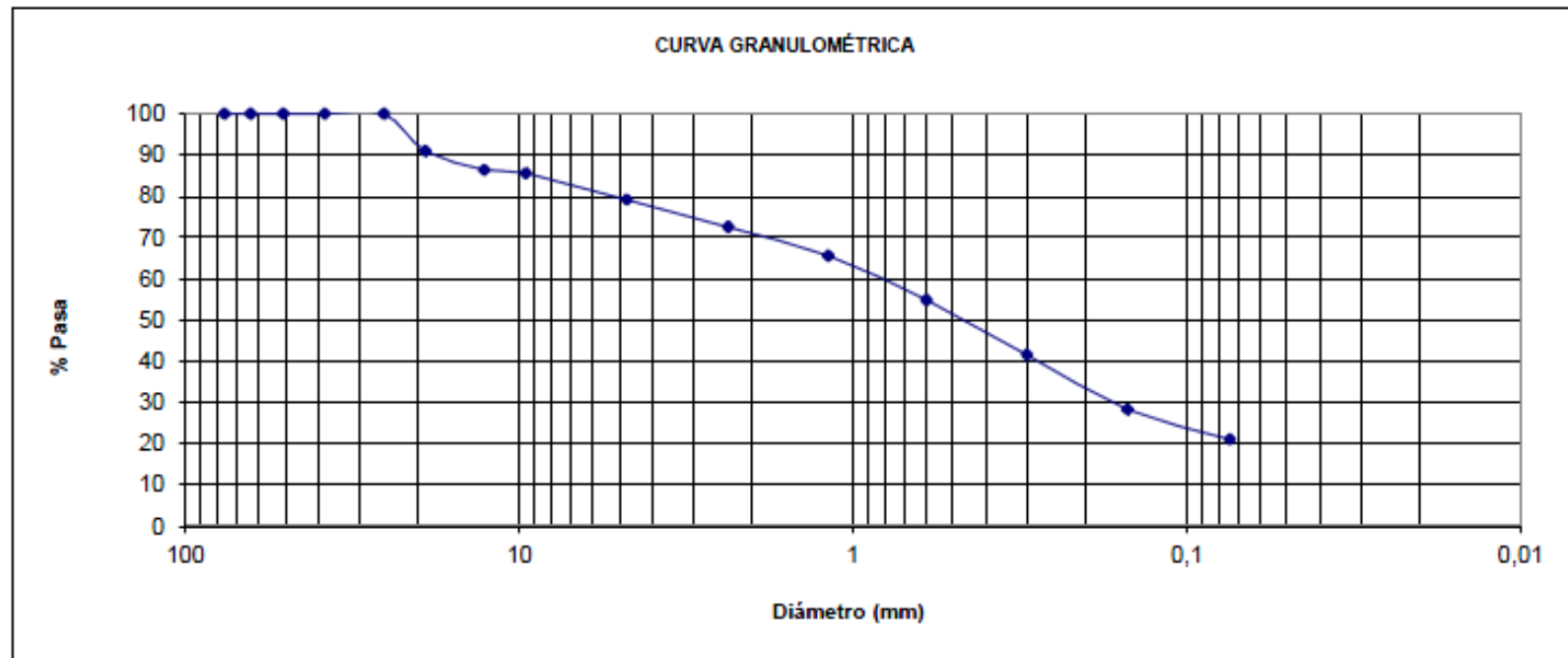
Límite Líquido %	
Límite Plástico %	NP
Índice de Plasticidad %	
Clasificación	S M

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 4 **Muestra #** 3 **Profundidad (m)** 3,00 - 3,50

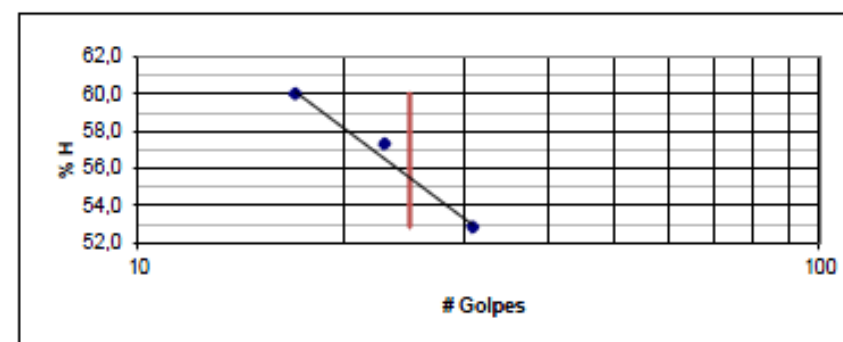
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 40,18 **Peso lavado (gr)** 13,95

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	5,98	14,9	14,9	85,1
# 4	0,75	1,9	16,8	83,2
# 8	1,46	3,6	20,4	79,6
# 16	1,47	3,7	24,1	75,9
# 30	1,15	2,9	26,9	73,1
# 50	0,94	2,3	29,3	70,7
# 100	1,07	2,7	31,9	68,1
# 200	1,1	2,7	34,7	65,3
Pasa 200	0,03			
Total	13,95			

LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	17	23	31	x	x	
P ₁ (gr)	43,58	43,28	45,98	14,86	15,09	67,70
P ₂ (gr)	28,99	29,07	31,69	12,95	13,12	58,06
P ₃ (gr)	4,66	4,27	4,65	5,83	5,87	17,90
Humedad %	60,0	57,3	52,8	26,8	27,2	24,0



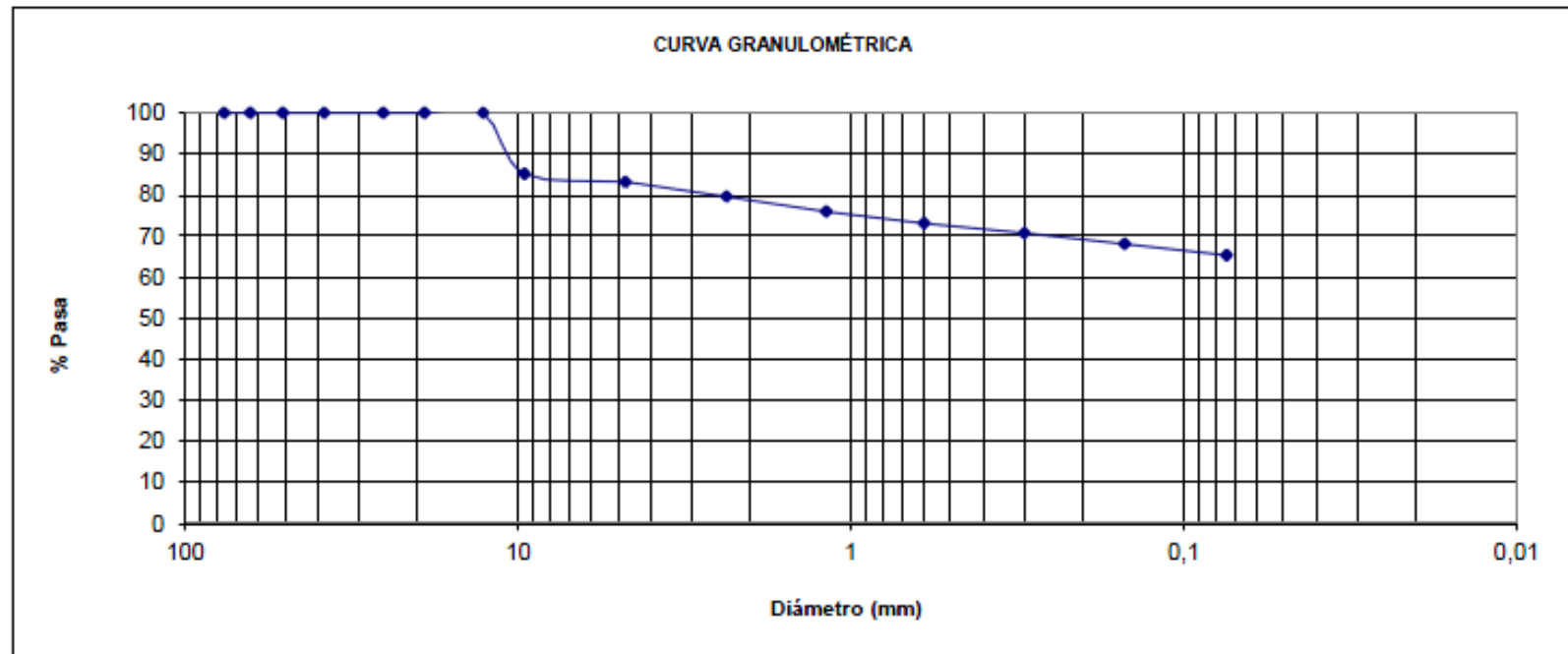
Límite Líquido %	55,8
Límite Plástico %	27,0
Índice de Plasticidad %	28,8
Clasificación	C H

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 4 **Muestra #** 5 **Profundidad (m)** 6,00 - 6,50

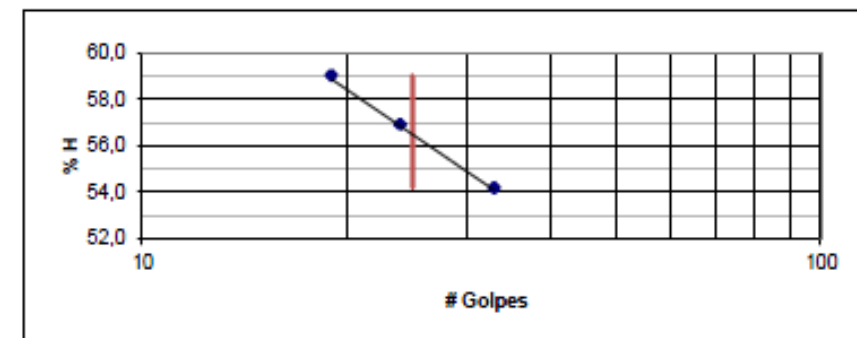
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 33,68 **Peso lavado (gr)** 1,51

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"		0,0	0,0	100,0
2"		0,0	0,0	100,0
1 1/2"		0,0	0,0	100,0
1"		0,0	0,0	100,0
3/4"		0,0	0,0	100,0
1/2"		0,0	0,0	100,0
3/8"		0,0	0,0	100,0
# 4		0,0	0,0	100,0
# 8		0,0	0,0	100,0
# 16		0,0	0,0	100,0
# 30		0,0	0,0	100,0
# 50		0,0	0,0	100,0
# 100		0,0	0,0	100,0
# 200	1,51	4,5	4,5	95,5
Pasa 200				
Total	1,51			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	33	24	19	x	x	
P ₁ (gr)	42,32	43,13	44,69	13,72	12,73	60,10
P ₂ (gr)	29,55	29,79	29,98	11,76	10,6	46,38
P ₃ (gr)	5,98	6,35	5,06	5,91	4,37	12,70
Humedad %	54,2	56,9	59,0	33,5	34,2	40,7



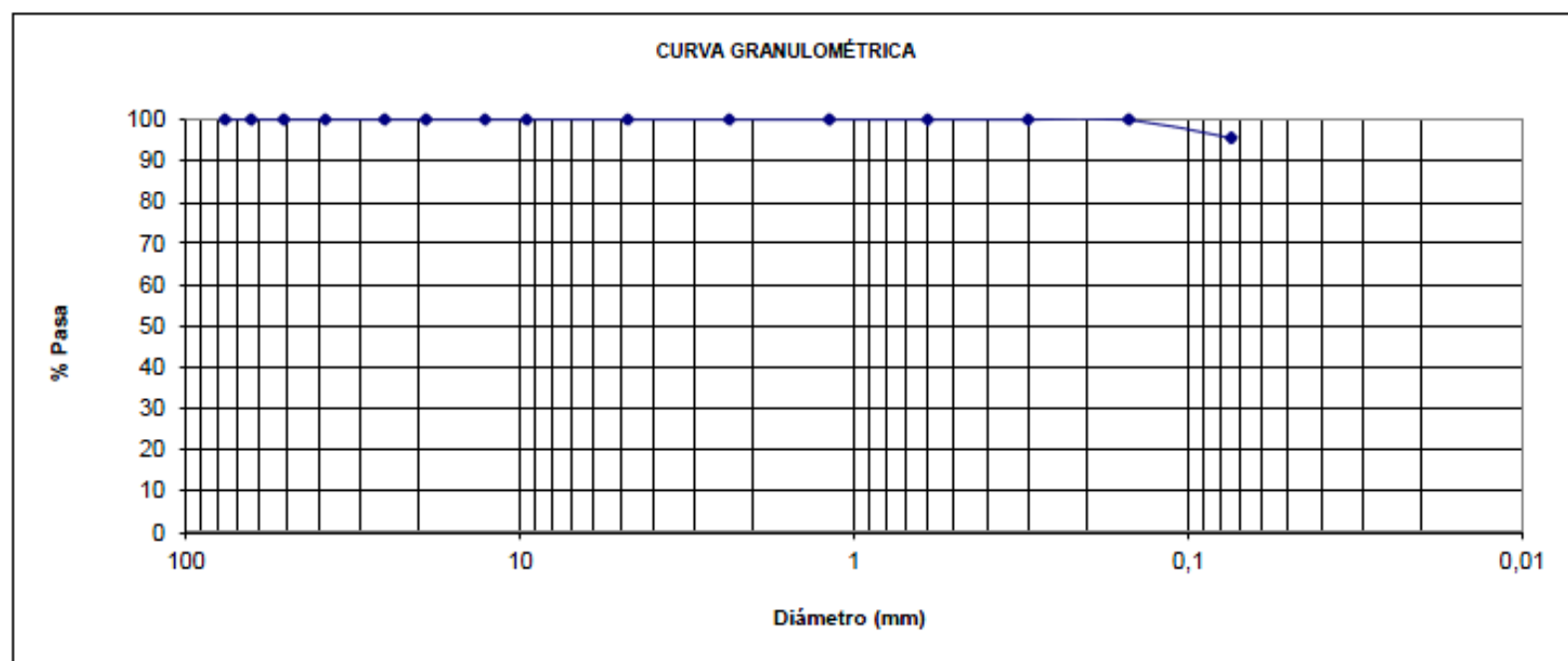
Límite Líquido %	56,5
Límite Plástico %	33,8
Índice de Plasticidad %	22,7
Clasificación	M H

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



 Zuliy De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

 Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 4 **Muestra #** 6 **Profundidad (m)** 7,50 - 8,00

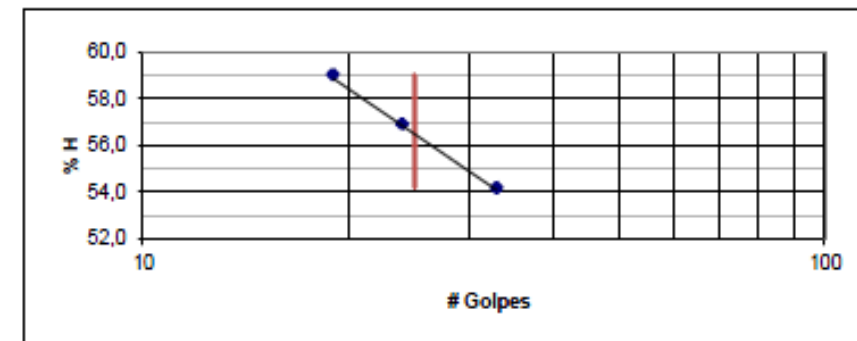
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 41,49 **Peso lavado (gr)** 5

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	0	0,0	0,0	100,0
# 4	0	0,0	0,0	100,0
# 8	0	0,0	0,0	100,0
# 16	0,06	0,1	0,1	99,9
# 30	0,11	0,3	0,4	99,6
# 50	0,05	0,1	0,5	99,5
# 100	0,68	1,6	2,2	97,8
# 200	4,03	9,7	11,9	88,1
Pasa 200	0,07			
Total	5			

LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	33	24	19	x	x	
P ₁ (gr)	42,32	43,13	44,69	13,72	12,73	76,70
P ₂ (gr)	29,55	29,79	29,98	11,76	10,6	59,09
P ₃ (gr)	5,98	6,35	5,06	5,91	4,37	17,60
Humedad %	54,2	56,9	59,0	33,5	34,2	42,4



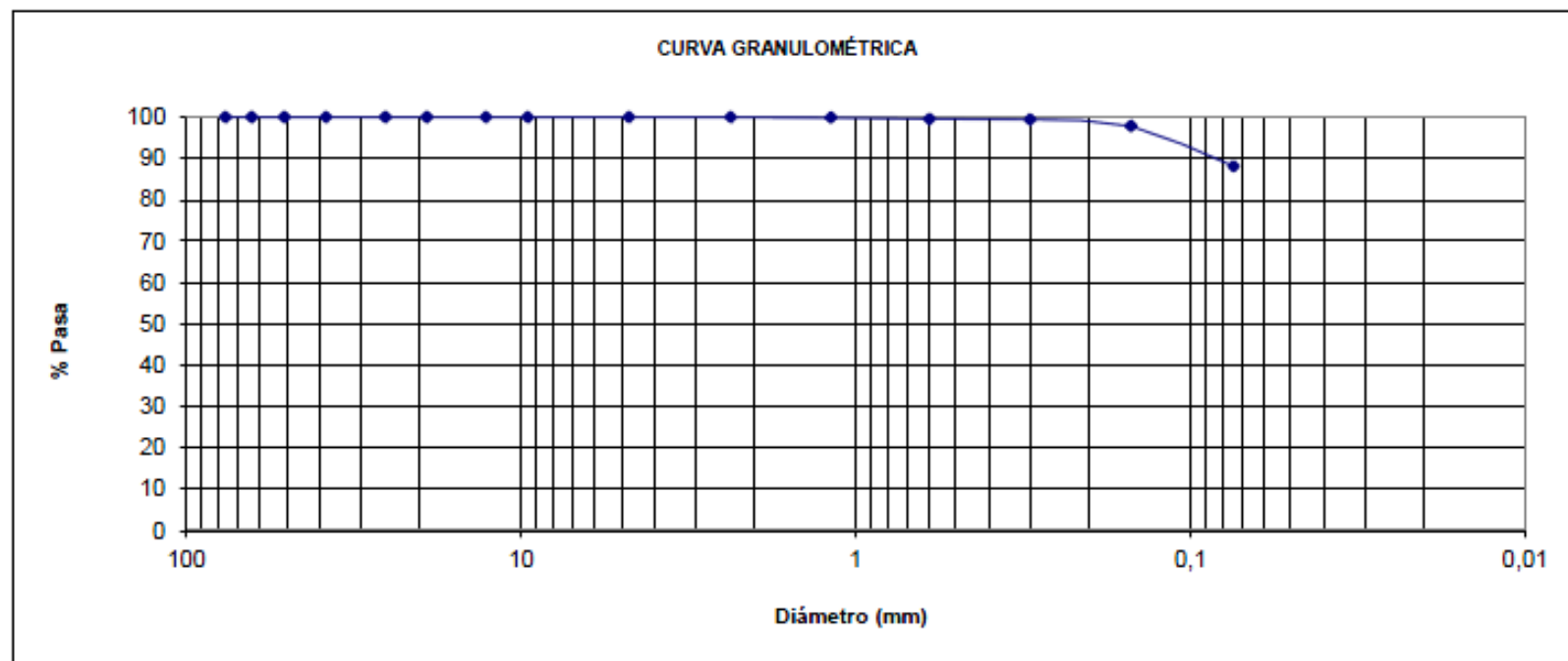
Límite Líquido %	56,5
Límite Plástico %	33,8
Índice de Plasticidad %	22,7
Clasificación	M H

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 5 **Muestra #** 1 **Profundidad (m)** 0,50 - 1,00

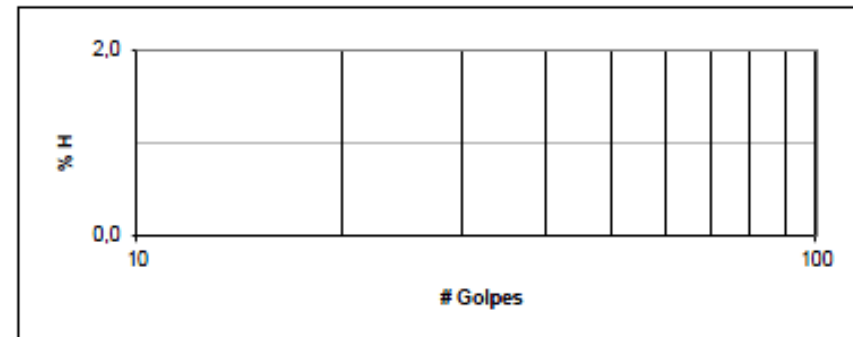
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 184,12 **Peso lavado (gr)** 126,79

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	37,49	20,4	20,4	79,6
1/2"	0	0,0	20,4	79,6
3/8"	3,67	2,0	22,4	77,6
# 4	11,74	6,4	28,7	71,3
# 8	9,72	5,3	34,0	66,0
# 16	8,93	4,9	38,9	61,1
# 30	11,38	6,2	45,0	55,0
# 50	13,18	7,2	52,2	47,8
# 100	17,25	9,4	61,6	38,4
# 200	13,07	7,1	68,7	31,3
Pasa 200	0,36			
Total	126,79			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes						
P ₁ (gr)						242,20
P ₂ (gr)						218,92
P ₃ (gr)						34,80
Humedad %						12,6



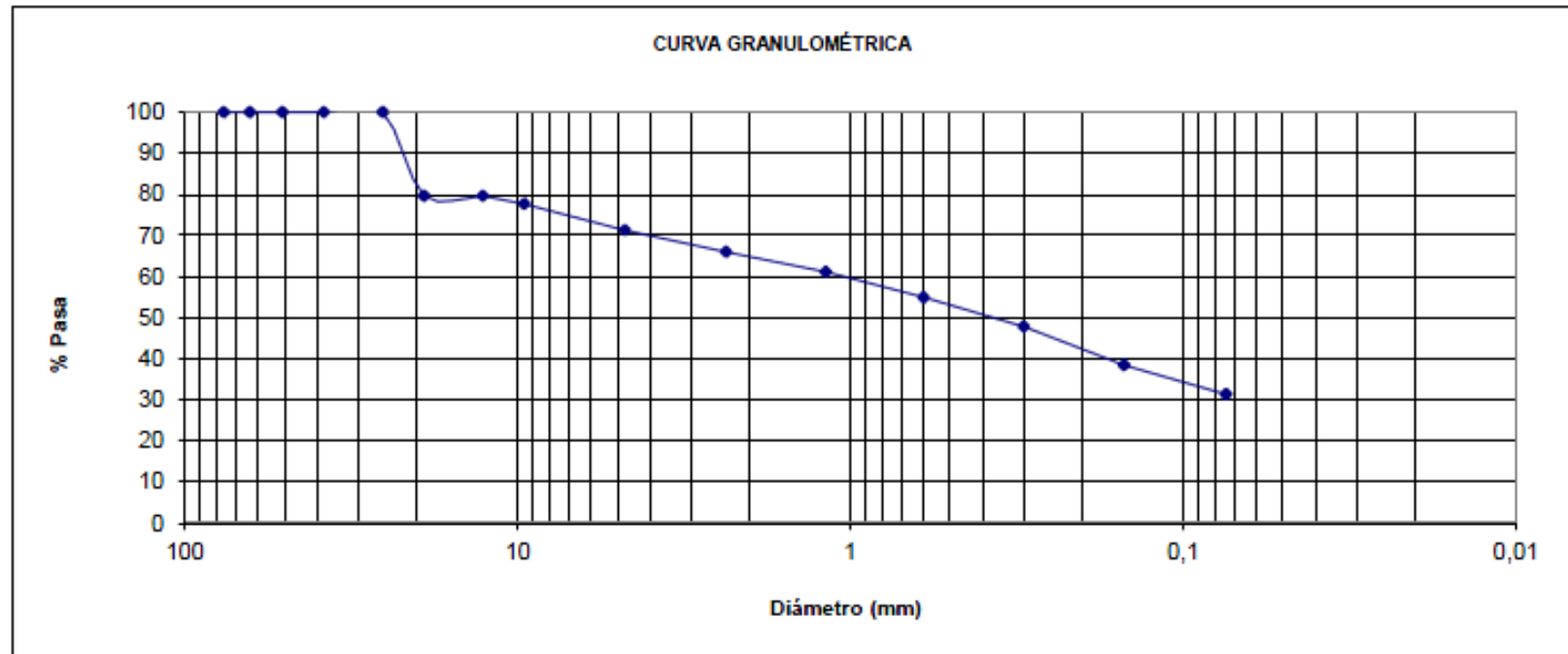
Límite Líquido %	
Límite Plástico %	NP
Índice de Plasticidad %	
Clasificación	S M

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 5 **Muestra #** 2 **Profundidad (m)** 1,50 - 2,00

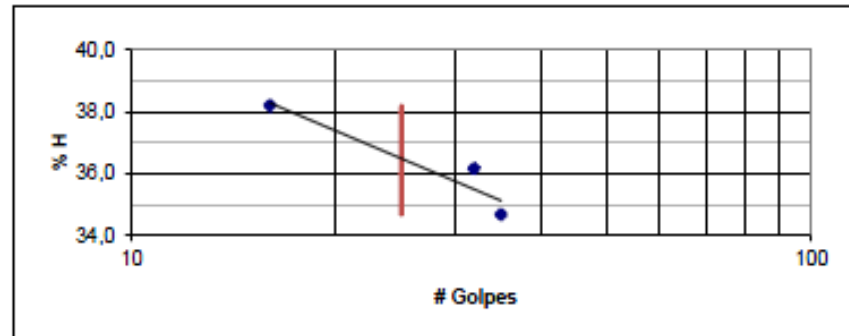
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 31,44 **Peso lavado (gr)** 10,23

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	0	0,0	0,0	100,0
# 4	0	0,0	0,0	100,0
# 8	0,22	0,7	0,7	99,3
# 16	0,49	1,6	2,3	97,7
# 30	0,55	1,7	4,0	96,0
# 50	0,96	3,1	7,1	92,9
# 100	3,5	11,1	18,2	81,8
# 200	4,4	14,0	32,2	67,8
Pasa 200	0,11			
Total	10,23			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	35	32	16			
P ₁ (gr)	29,38	23,55	33,2	11,1	11,4	51,30
P ₂ (gr)	23,15	18,57	25,83	10,08	10,32	44,74
P ₃ (gr)	5,18	4,8	6,54	5,1	5	13,30
Humedad %	34,7	36,2	38,2	20,5	20,3	20,9



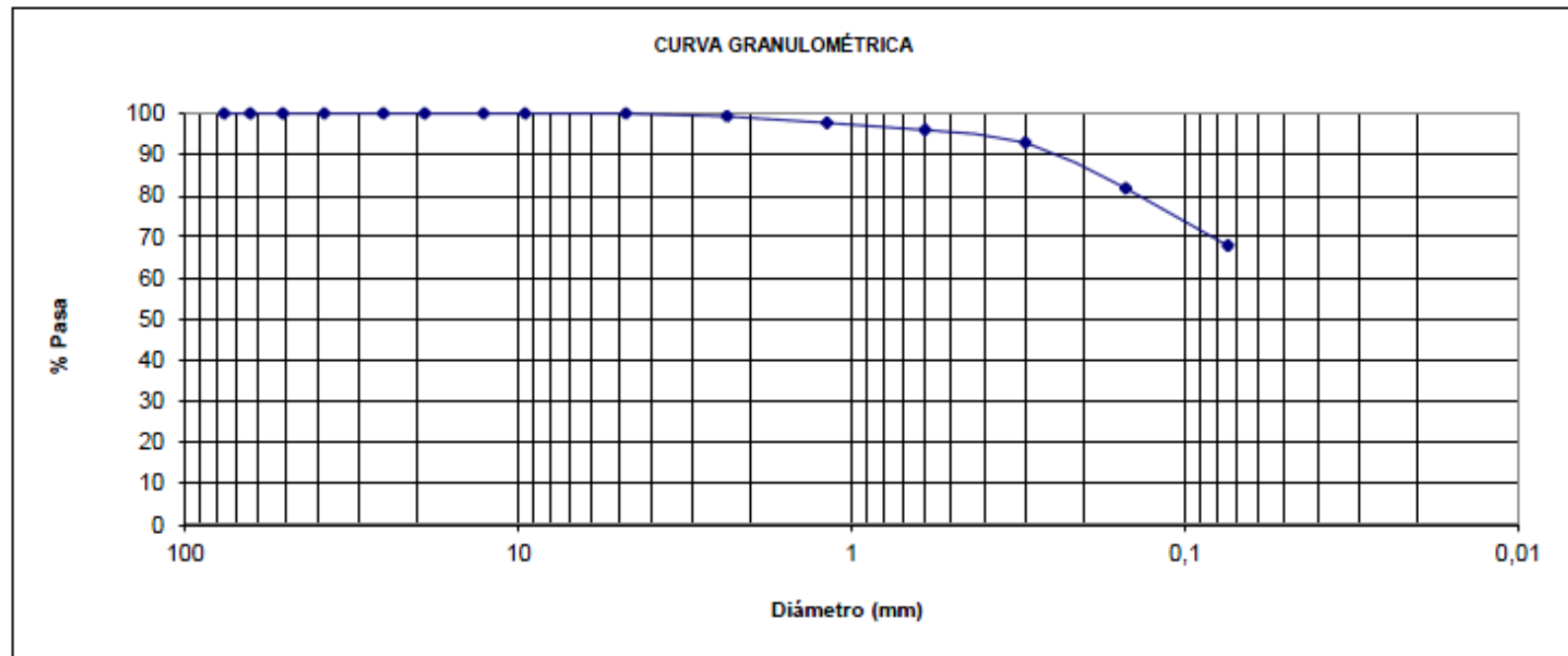
Límite Líquido %	36,4
Límite Plástico %	20,4
Índice de Plasticidad %	16,0
Clasificación	C L

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 5 **Muestra #** 3 **Profundidad (m)** 3,00 - 3,50

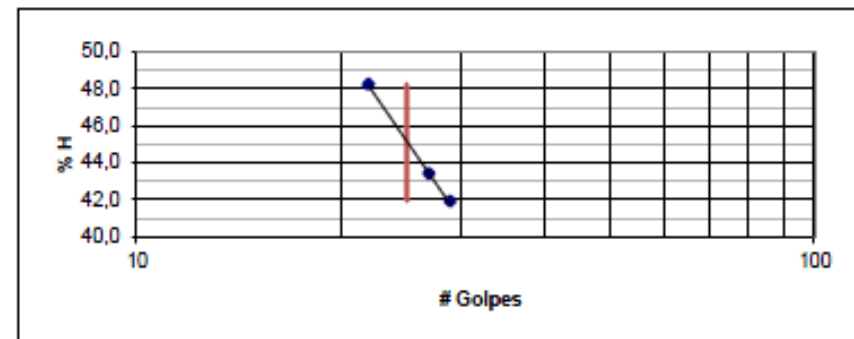
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 32,95 **Peso lavado (gr)** 0,73

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"		0,0	0,0	100,0
2"		0,0	0,0	100,0
1 1/2"		0,0	0,0	100,0
1"		0,0	0,0	100,0
3/4"		0,0	0,0	100,0
1/2"		0,0	0,0	100,0
3/8"		0,0	0,0	100,0
# 4		0,0	0,0	100,0
# 8		0,0	0,0	100,0
# 16		0,0	0,0	100,0
# 30		0,0	0,0	100,0
# 50		0,0	0,0	100,0
# 100		0,0	0,0	100,0
# 200	0,73	2,2	2,2	97,8
Pasa 200				
Total	0,73			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	29	27	22	x	x	
P ₁ (gr)	42,69	40	44,58	12,31	13,82	61,00
P ₂ (gr)	31,69	29,91	31,76	10,79	12,26	49,55
P ₃ (gr)	5,44	6,66	5,17	4,33	5,84	16,60
Humedad %	41,9	43,4	48,2	23,5	24,3	34,7



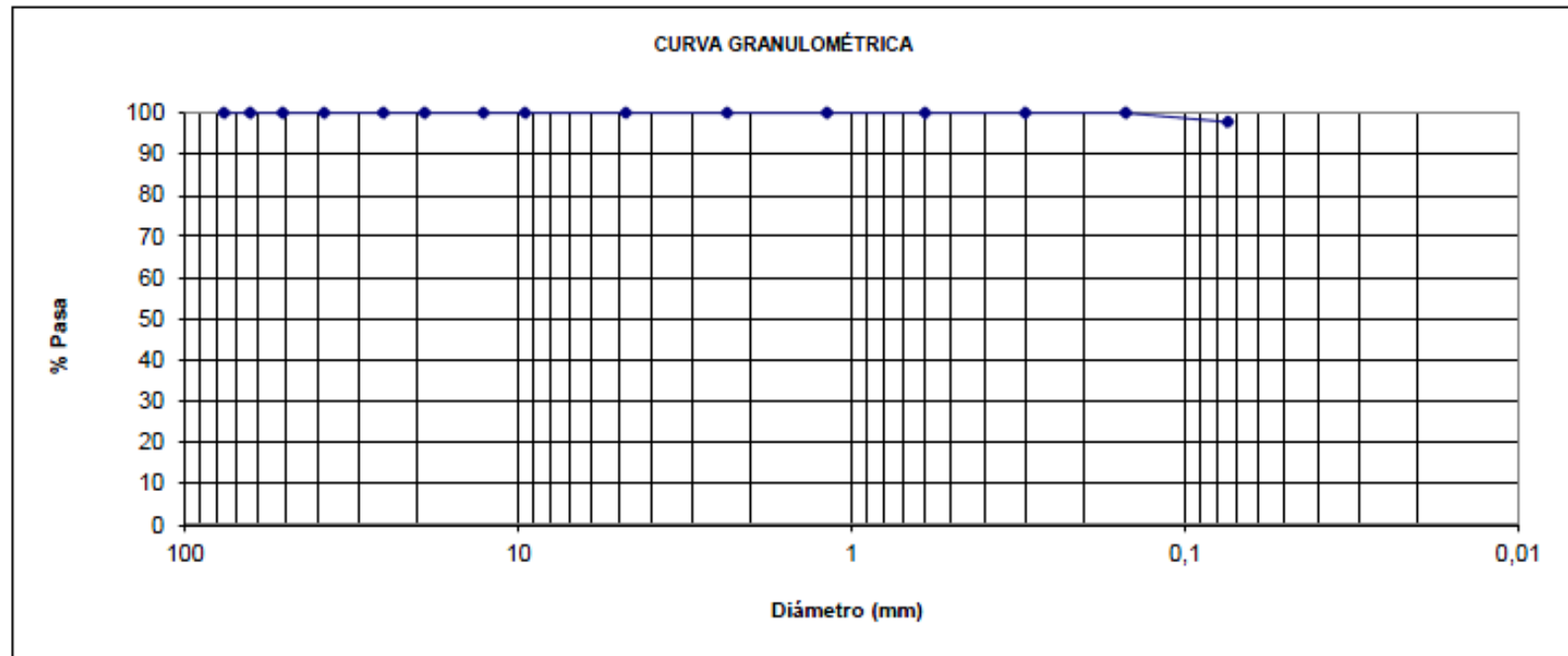
Límite Líquido %	45,1
Límite Plástico %	23,9
Índice de Plasticidad %	21,2
Clasificación	C L

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 5 **Muestra #** 4 **Profundidad (m)** 4,50 - 5,00

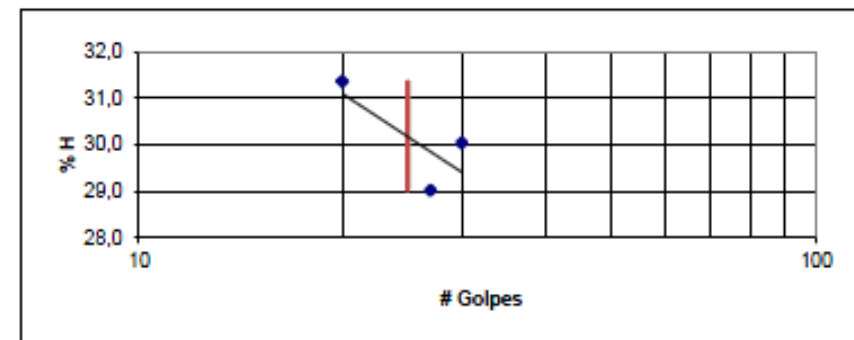
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 26,68 **Peso lavado (gr)** 10,45

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	0	0,0	0,0	100,0
# 4	0	0,0	0,0	100,0
# 8	0,13	0,5	0,5	99,5
# 16	0,13	0,5	1,0	99,0
# 30	0,3	1,1	2,1	97,9
# 50	0,48	1,8	3,9	96,1
# 100	3,79	14,2	18,1	81,9
# 200	5,5	20,6	38,7	61,3
Pasa 200	0,12			
Total	10,45			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	27	30	20			
P ₁ (gr)	35,13	46,73	38,5	24,87	21,5	44,40
P ₂ (gr)	30,49	40,99	33,56	23,6	20,02	37,08
P ₃ (gr)	14,5	21,88	17,81	17,64	13,1	10,40
Humedad %	29,0	30,0	31,4	21,3	21,4	27,4



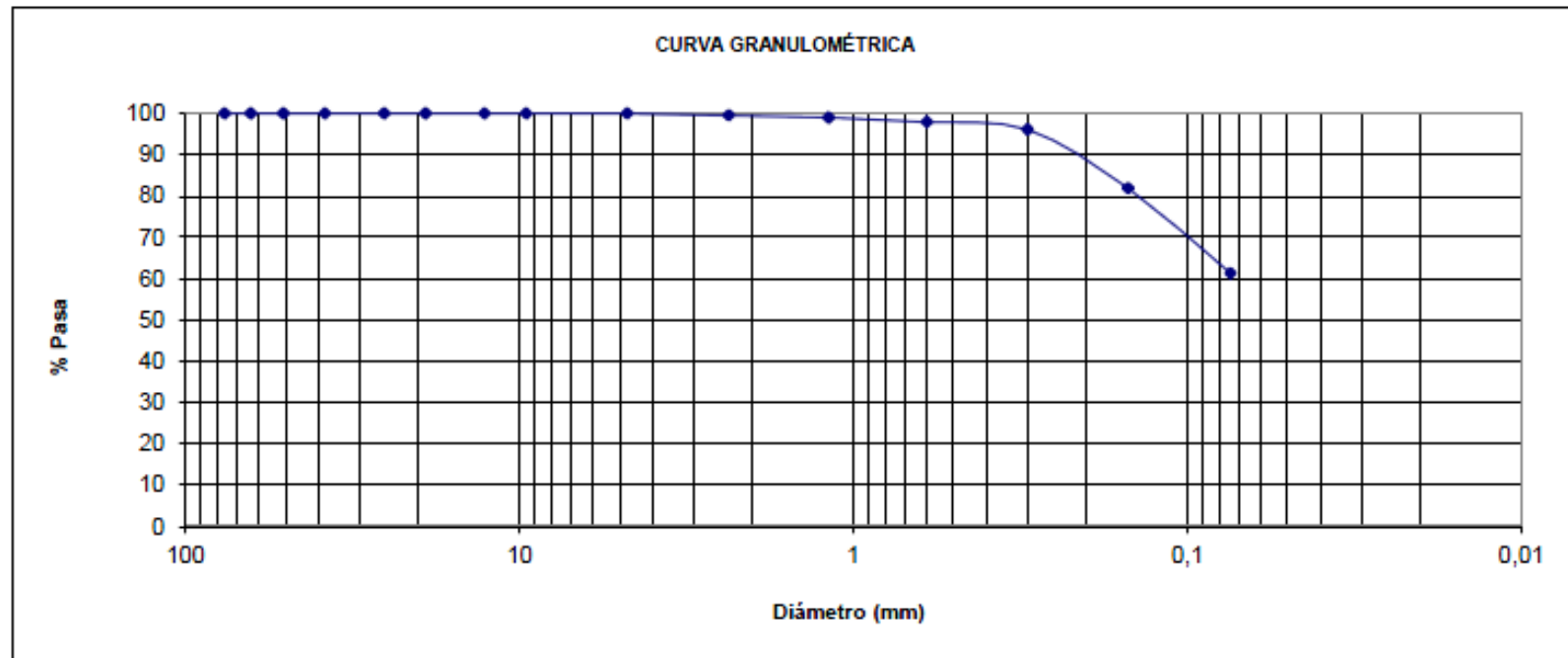
Límite Líquido %	30,2
Límite Plástico %	21,3
Índice de Plasticidad %	8,9
Clasificación	C L

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 5 **Muestra #** 5 **Profundidad (m)** 6,00 - 6,50

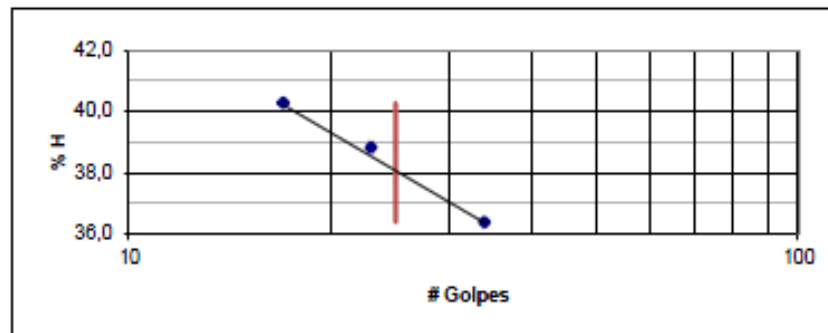
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 36,53 **Peso lavado (gr)** 19,67

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	0	0,0	0,0	100,0
# 4	0	0,0	0,0	100,0
# 8	0,14	0,4	0,4	99,6
# 16	0,01	0,0	0,4	99,6
# 30	0,03	0,1	0,5	99,5
# 50	0,86	2,4	2,8	97,2
# 100	9,84	26,9	29,8	70,2
# 200	8,6	23,5	53,3	46,7
Pasa 200	0,19			
Total	19,67			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	34	23	17	x	x	
P ₁ (gr)	36,55	38,79	41,85	15,68	15	51,00
P ₂ (gr)	28,47	29,47	31,32	14,19	13,49	41,33
P ₃ (gr)	6,25	5,46	5,17	6,57	5,77	4,80
Humedad %	36,4	38,8	40,3	19,6	19,6	26,5



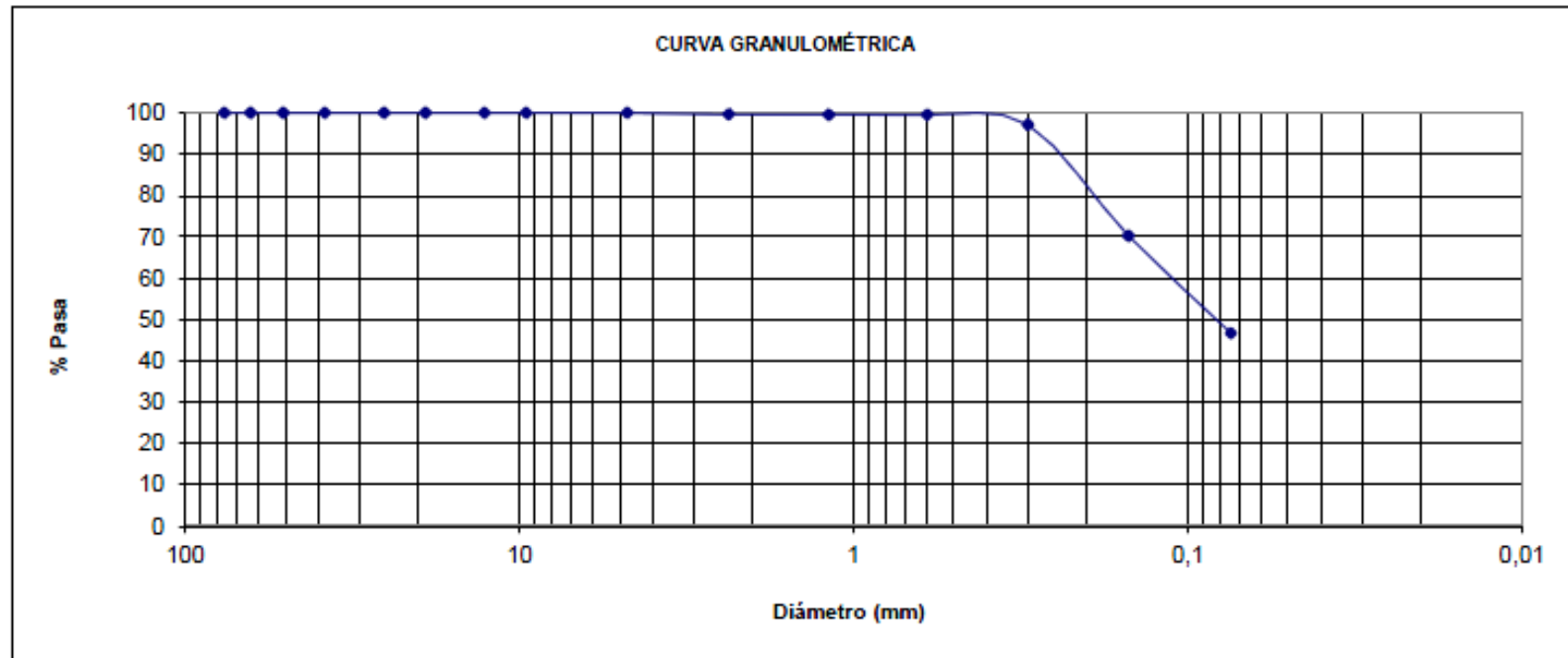
Límite Líquido %	38,1
Límite Plástico %	19,6
Índice de Plasticidad %	18,5
Clasificación	C L

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 5 **Muestra #** 6 **Profundidad (m)** 7,50 - 8,00

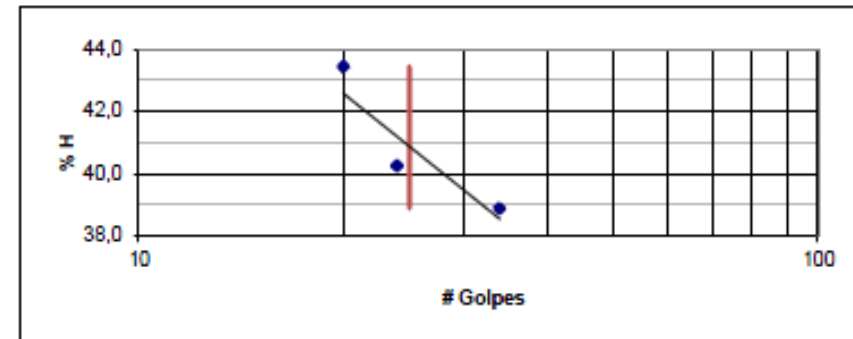
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 28,36 **Peso lavado (gr)** 8,8

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	0	0,0	0,0	100,0
# 4	0	0,0	0,0	100,0
# 8	0	0,0	0,0	100,0
# 16	0,09	0,3	0,3	99,7
# 30	0,12	0,4	0,7	99,3
# 50	0,12	0,4	1,2	98,8
# 100	2,05	7,2	8,4	91,8
# 200	6,3	22,2	30,6	69,4
Pasa 200	0,12			
Total	8,8			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	20	24	34			
P ₁ (gr)	20,85	30,23	31,29	16,51	20,06	43,00
P ₂ (gr)	16,48	24,4	25,55	14,51	18,14	35,36
P ₃ (gr)	6,42	9,91	10,78	6,56	10,38	7,00
Humedad %	43,4	40,2	38,9	25,2	24,7	26,9



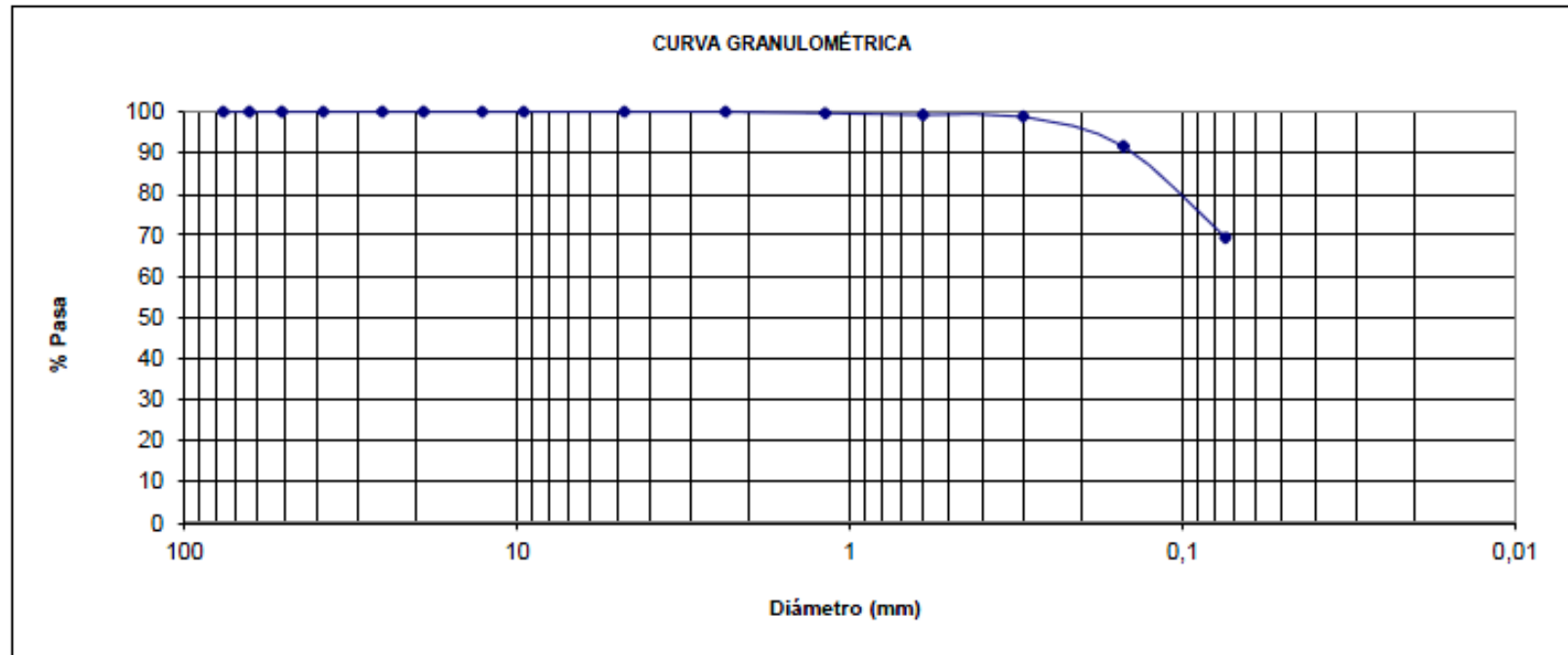
Límite Líquido %	38,1
Límite Plástico %	24,9
Índice de Plasticidad %	13,2
Clasificación	M L

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 5 **Muestra #** 7 **Profundidad (m)** 9,00 - 9,50

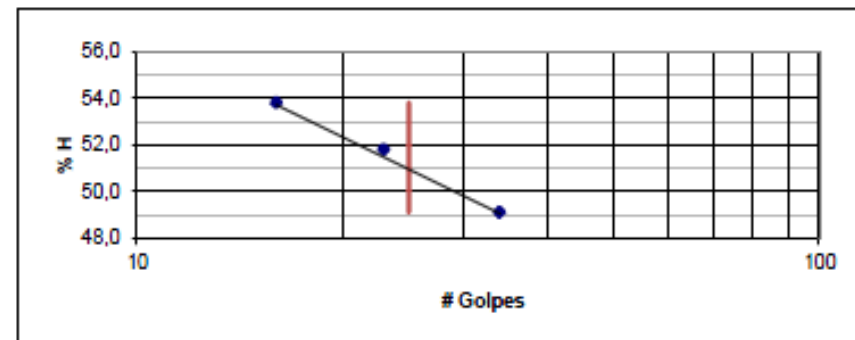
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 27,97 **Peso lavado (gr)** 1,04

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"		0,0	0,0	100,0
2"		0,0	0,0	100,0
1 1/2"		0,0	0,0	100,0
1"		0,0	0,0	100,0
3/4"		0,0	0,0	100,0
1/2"		0,0	0,0	100,0
3/8"		0,0	0,0	100,0
# 4		0,0	0,0	100,0
# 8		0,0	0,0	100,0
# 16		0,0	0,0	100,0
# 30		0,0	0,0	100,0
# 50		0,0	0,0	100,0
# 100		0,0	0,0	100,0
# 200	1,04	3,7	3,7	96,3
Pasa 200				
Total	1,04			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	16	23	34	x	x	
P ₁ (gr)	39,25	42,91	43,11	16,02	18,07	48,70
P ₂ (gr)	27,11	29,91	31,08	13,95	15,55	37,67
P ₃ (gr)	4,55	4,81	6,58	6,77	6,59	9,70
Humedad %	53,8	51,8	49,1	28,8	28,1	39,4



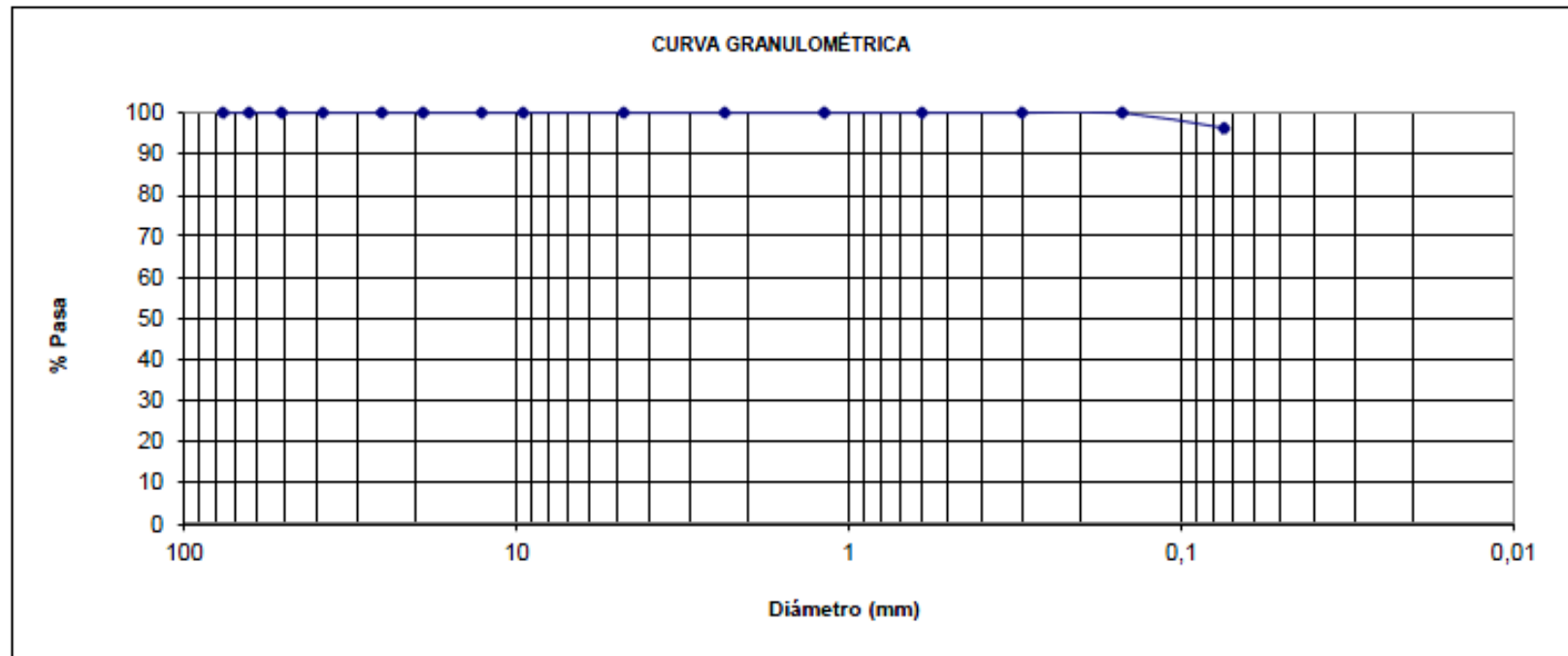
Límite Líquido %	51
Límite Plástico %	28,5
Índice de Plasticidad %	22,5
Clasificación	M H

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 6 **Muestra #** 1 **Profundidad (m)** 0,50 - 1,00

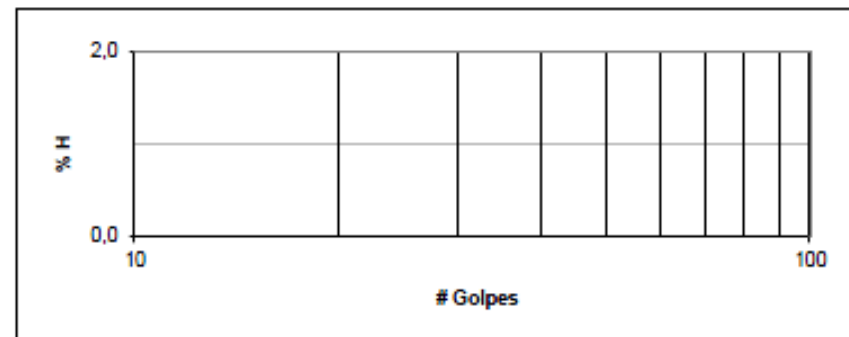
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 236,41 **Peso lavado (gr)** 188,28

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	11,76	5,0	5,0	95,0
1/2"	17,47	7,4	12,4	87,6
3/8"	9,91	4,2	16,6	83,4
# 4	25,3	10,7	27,3	72,7
# 8	17,72	7,5	34,8	65,2
# 16	14,84	6,3	41,0	59,0
# 30	21,9	9,3	50,3	49,7
# 50	27,38	11,6	61,9	38,1
# 100	26,19	11,1	73,0	27,0
# 200	15,22	6,4	79,4	20,6
Pasa 200	0,59			
Total	188,28			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes						
P ₁ (gr)						334,20
P ₂ (gr)						300,61
P ₃ (gr)						64,20
Humedad %						14,2



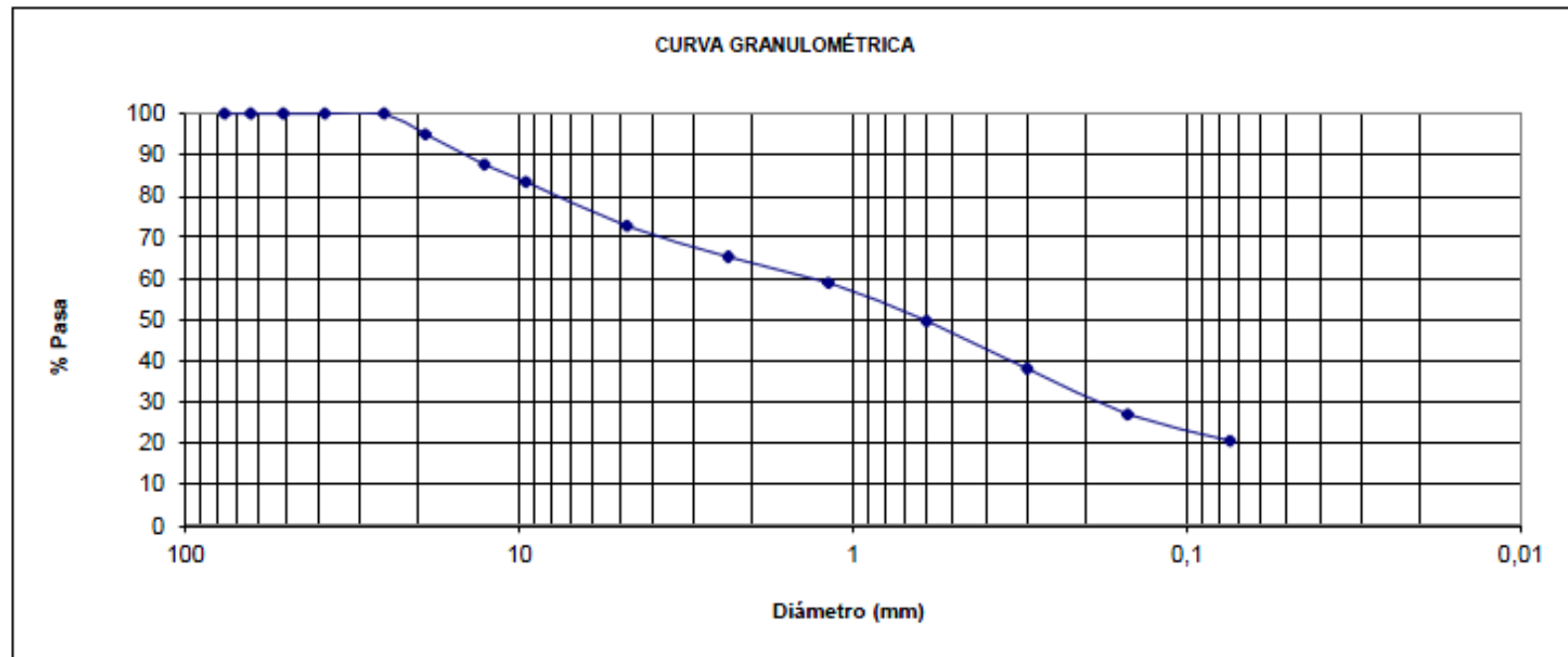
Límite Líquido %	
Límite Plástico %	NP
Índice de Plasticidad %	
Clasificación	S M

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 6 **Muestra #** 2 **Profundidad (m)** 1,50 - 2,00

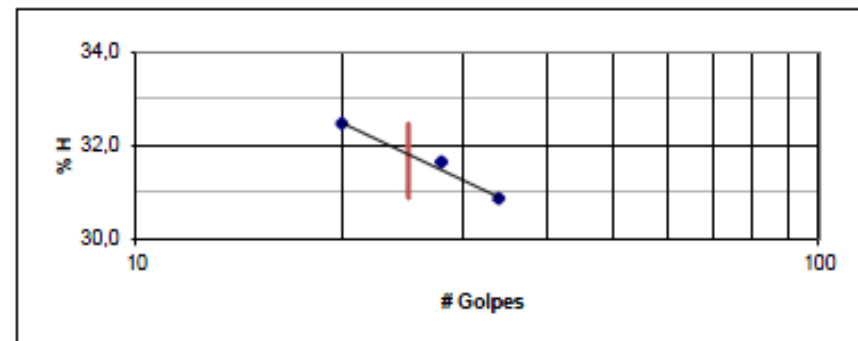
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 28,30 **Peso lavado (gr)** 13,04

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	0	0,0	0,0	100,0
# 4	0	0,0	0,0	100,0
# 8	0	0,0	0,0	100,0
# 16	0,03	0,1	0,1	99,9
# 30	0,03	0,1	0,2	99,8
# 50	0,19	0,7	0,9	99,1
# 100	4,8	17,0	17,8	82,2
# 200	7,88	27,8	45,7	54,3
Pasa 200	0,11			
Total	13,04			

LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	20	28	34	x	x	
P ₁ (gr)	39,75	43,51	42,15	15,63	14,92	40,40
P ₂ (gr)	31,25	34,44	33,41	13,99	13,44	33,10
P ₃ (gr)	5,07	5,77	5,09	6,46	6,64	4,80
Humedad %	32,5	31,6	30,9	21,8	21,8	25,8



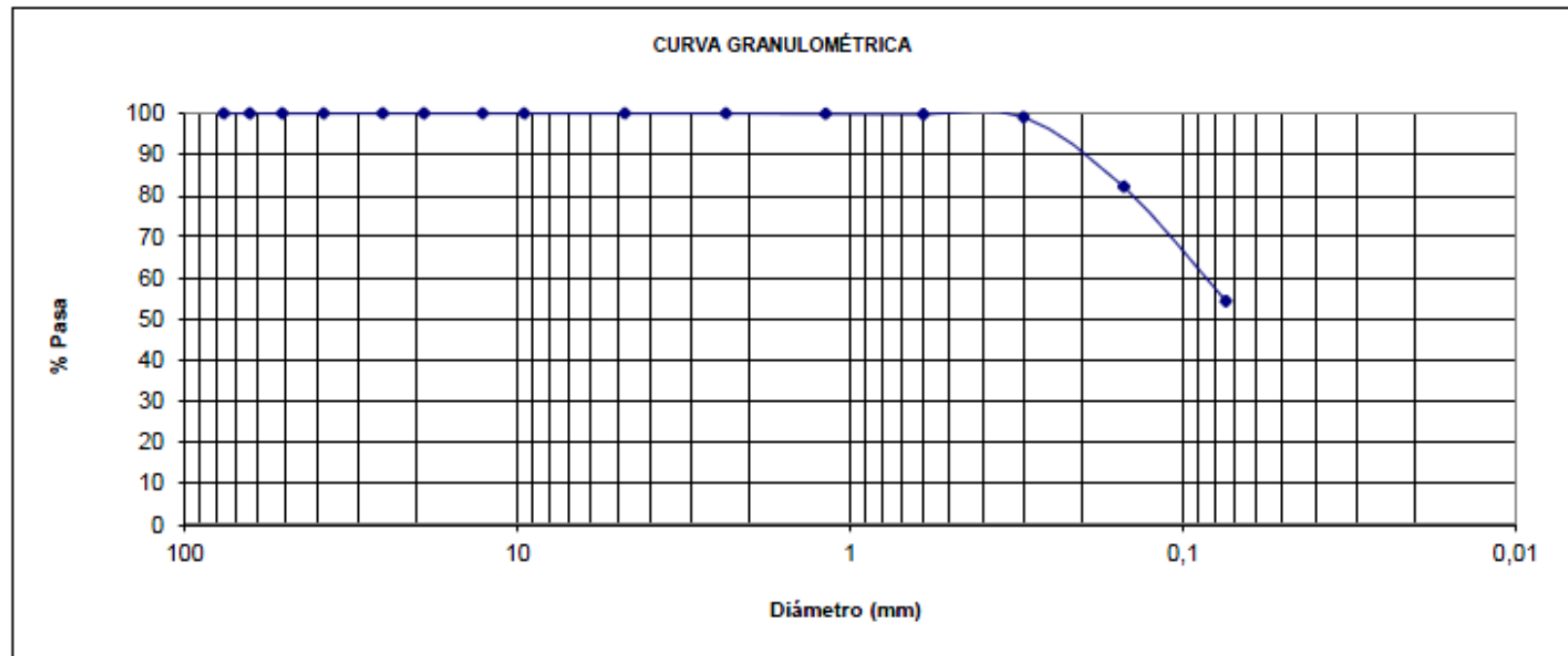
Límite Líquido %	31,9
Límite Plástico %	21,8
Índice de Plasticidad %	10,1
Clasificación	C L

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 6 **Muestra #** 4 **Profundidad (m)** 4,50 - 5,00

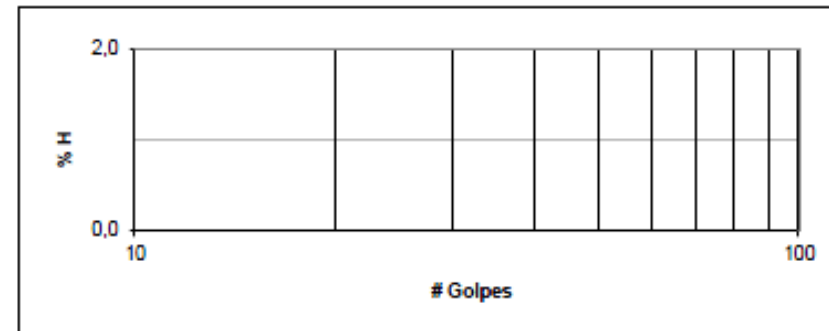
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 25,81 **Peso lavado (gr)** 9,48

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
2"	0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0
1"	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	0	0,0	0,0	100,0
# 4	0	0,0	0,0	100,0
# 8	0,13	0,5	0,5	99,5
# 16	0,04	0,2	0,7	99,3
# 30	0,19	0,7	1,4	98,6
# 50	0,59	2,3	3,7	96,3
# 100	4,27	16,5	20,2	79,8
# 200	4,22	16,4	36,6	63,4
Pasa 200	0,04			
Total	9,48			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

Golpes	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
P ₁ (gr)						38,90
P ₂ (gr)						30,51
P ₃ (gr)						4,70
Humedad %						32,5



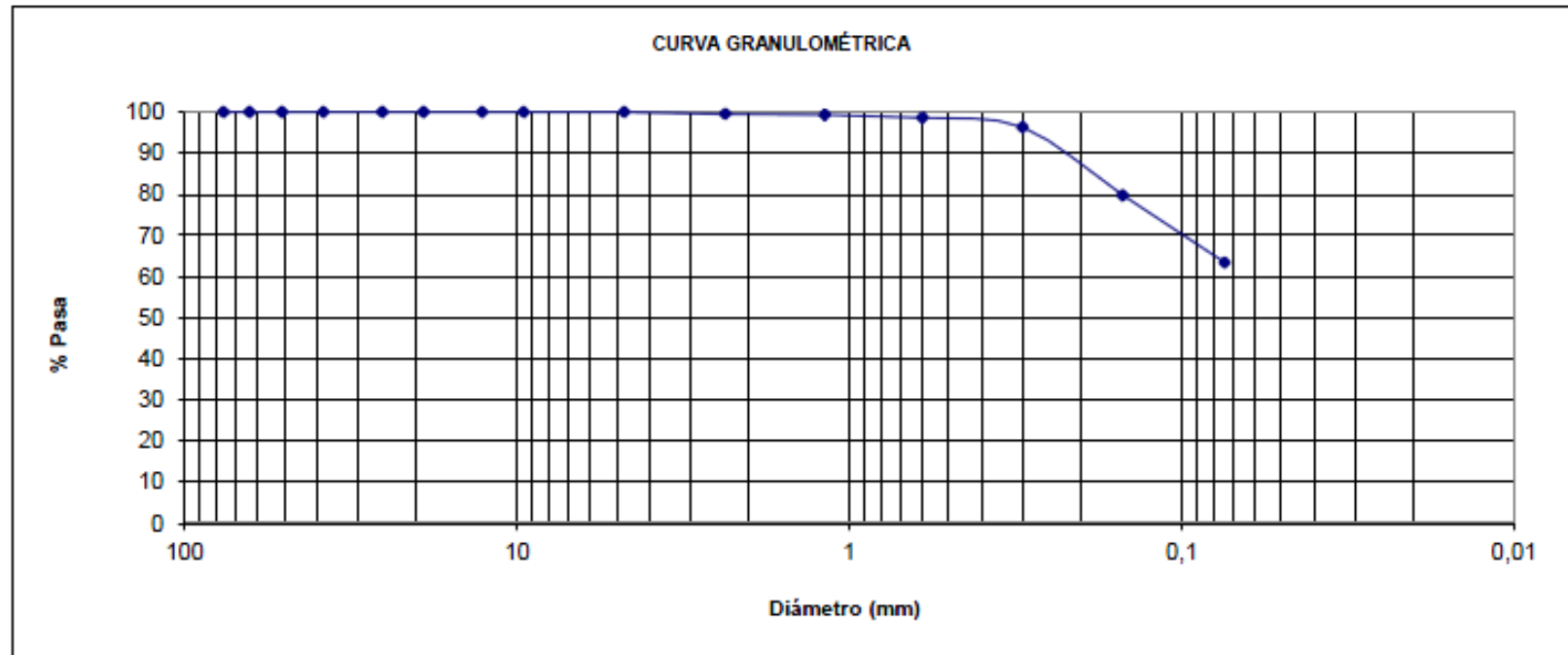
Límite Líquido %	
Límite Plástico %	NP
Índice de Plasticidad %	
Clasificación	M L

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 6 **Muestra #** 5 **Profundidad (m)** 6,00 - 6,50

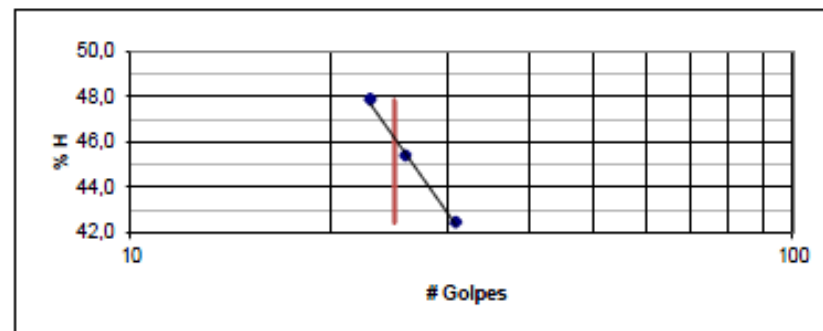
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 20,48 **Peso lavado (gr)** 1,56

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"		0,0	0,0	100,0
2"		0,0	0,0	100,0
1 1/2"		0,0	0,0	100,0
1"		0,0	0,0	100,0
3/4"		0,0	0,0	100,0
1/2"		0,0	0,0	100,0
3/8"		0,0	0,0	100,0
# 4		0,0	0,0	100,0
# 8		0,0	0,0	100,0
# 16		0,0	0,0	100,0
# 30		0,0	0,0	100,0
# 50		0,0	0,0	100,0
# 100		0,0	0,0	100,0
# 200	1,56	7,6	7,6	92,4
Pasa 200				
Total	1,56			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	31	26	23	x	x	
P ₁ (gr)	42,59	40,62	44,85	12,33	14,26	33,30
P ₂ (gr)	31,52	29,99	31,98	10,89	12,62	25,68
P ₃ (gr)	5,43	6,57	5,09	5,26	5,87	5,20
Humedad %	42,4	45,4	47,9	25,6	24,3	37,2



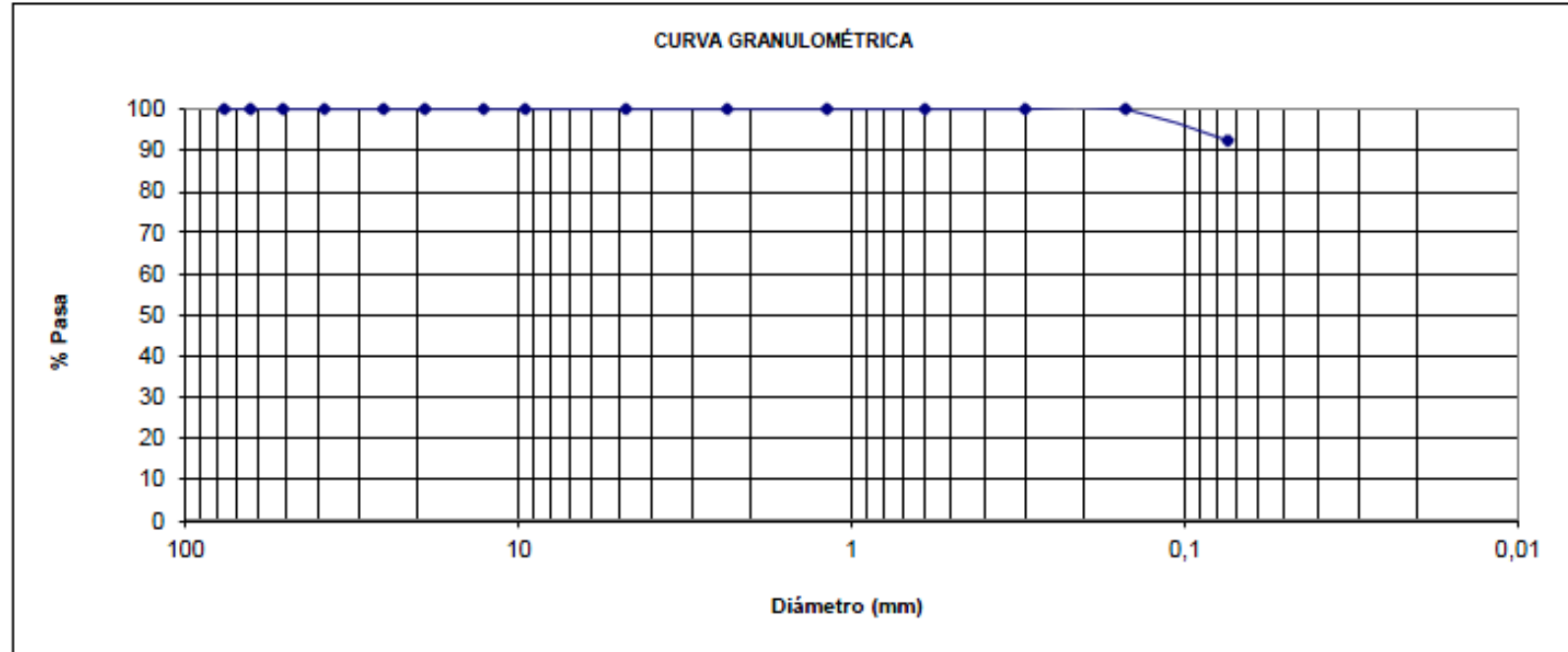
Límite Líquido %	46,4
Límite Plástico %	24,9
Índice de Plasticidad %	21,5
Clasificación	C L

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 6 **Muestra #** 6 **Profundidad (m)** 7,50 - 8,00

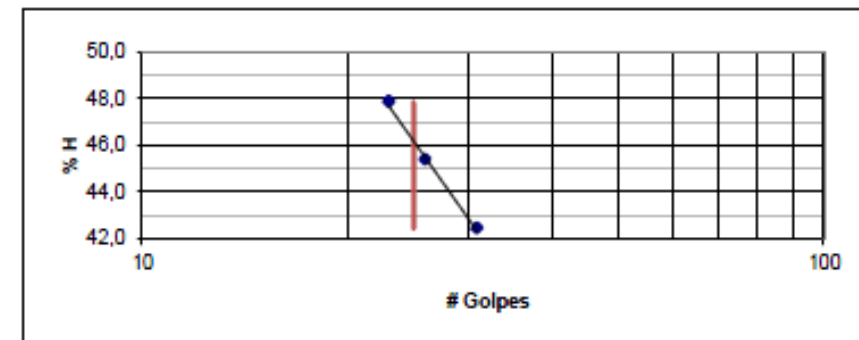
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 23,41 **Peso lavado (gr)** 2,4

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"		0,0	0,0	100,0
2"		0,0	0,0	100,0
1 1/2"		0,0	0,0	100,0
1"		0,0	0,0	100,0
3/4"		0,0	0,0	100,0
1/2"		0,0	0,0	100,0
3/8"		0,0	0,0	100,0
# 4		0,0	0,0	100,0
# 8		0,0	0,0	100,0
# 16		0,0	0,0	100,0
# 30		0,0	0,0	100,0
# 50		0,0	0,0	100,0
# 100		0,0	0,0	100,0
# 200	2,4	10,3	10,3	89,7
Pasa 200				
Total	2,4			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	31	26	23	x	x	
P ₁ (gr)	42,59	40,62	44,85	12,33	14,26	41,50
P ₂ (gr)	31,52	29,99	31,98	10,89	12,62	30,51
P ₃ (gr)	5,43	6,57	5,09	5,26	5,87	7,10
Humedad %	42,4	45,4	47,9	25,6	24,3	46,9



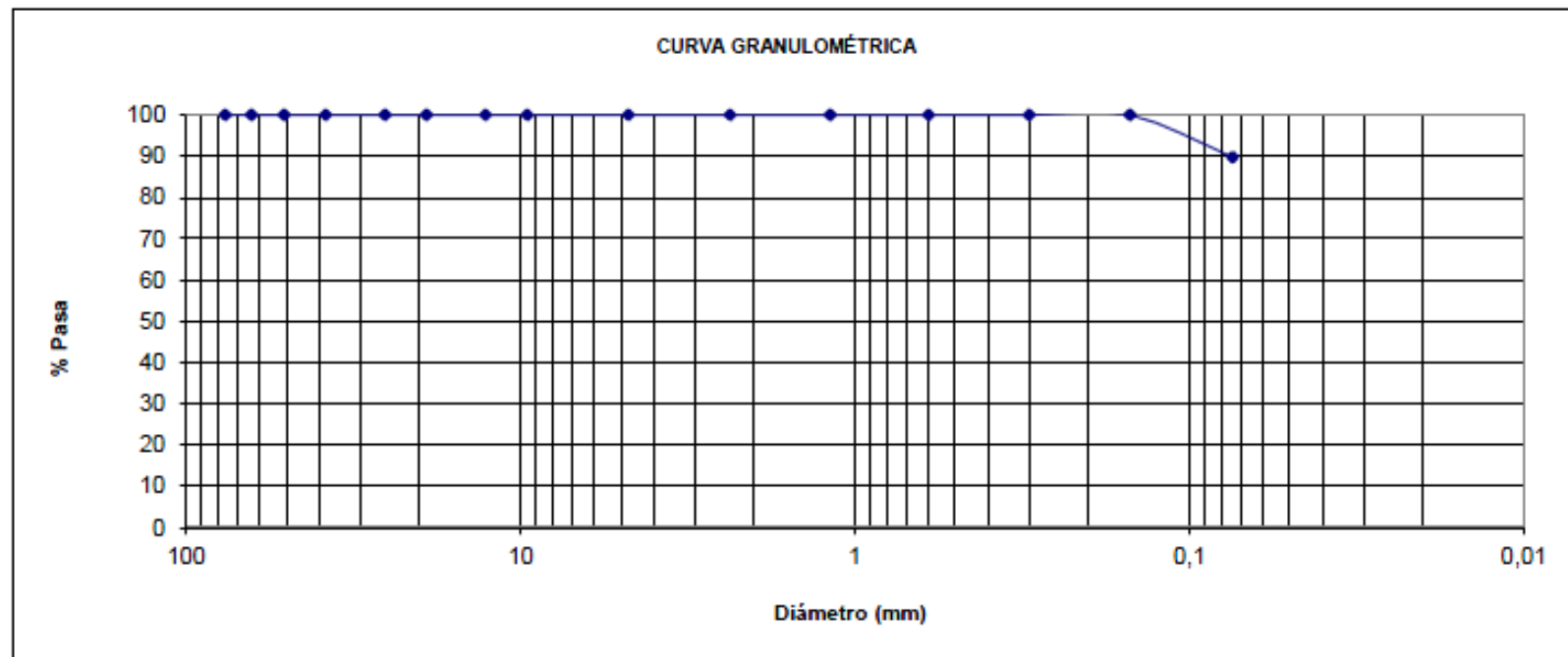
Límite Líquido %	31,9
Límite Plástico %	24,9
Índice de Plasticidad %	7,0
Clasificación	M L

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
 Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
 Estudiante de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12

Sondeo # 6 **Muestra #** 7 **Profundidad (m)** 9,00 - 9,50

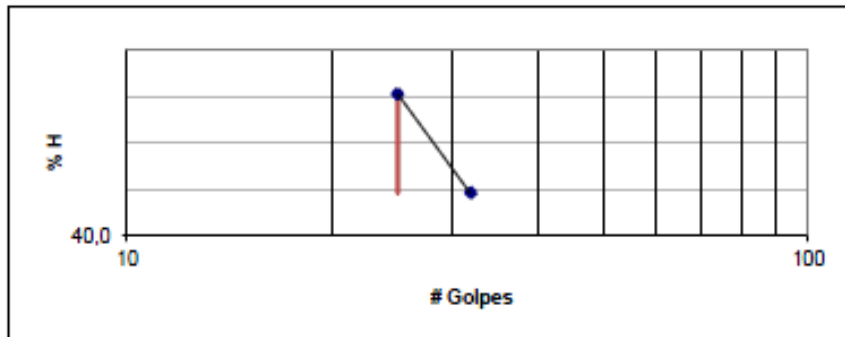
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
I.N.V.I.E - 123

Peso inicial (gr) 20,23 **Peso lavado (gr)** 3,9

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
2 1/2"		0,0	0,0	100,0
2"		0,0	0,0	100,0
1 1/2"		0,0	0,0	100,0
1"		0,0	0,0	100,0
3/4"		0,0	0,0	100,0
1/2"		0,0	0,0	100,0
3/8"		0,0	0,0	100,0
# 4		0,0	0,0	100,0
# 8		0,0	0,0	100,0
# 16		0,0	0,0	100,0
# 30		0,0	0,0	100,0
# 50		0,0	0,0	100,0
# 100		0,0	0,0	100,0
# 200	3,9	19,3	19,3	80,7
Pasa 200				
Total	3,9			

LIMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO DE LOS SUELOS - HUMEDAD NATURAL
I.N.V.I.E - 125 I.N.V.I.E - 126 I.N.V.I.E - 122

	LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL
Golpes	32	25	X	X	
P ₁ (gr)	15,35	19,82	9,11	8,15	31,40
P ₂ (gr)	12,33	15,39	8,41	7,59	25,53
P ₃ (gr)	4,95	5,1	4,79	4,68	5,30
Humedad %	40,9	43,1	19,3	19,2	29,0



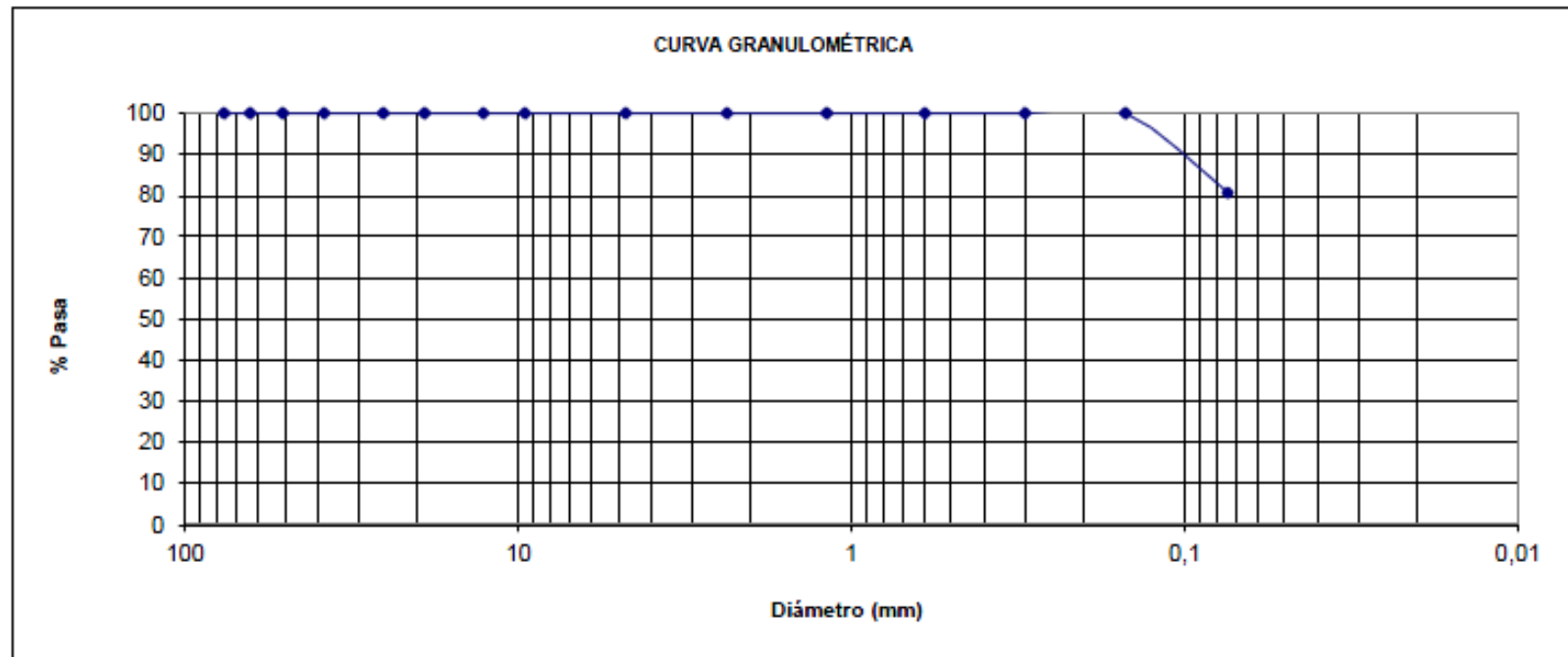
Límite Líquido %	43,1
Límite Plástico %	19,3
Índice de Plasticidad %	23,8
Clasificación	C L

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PROYECTO DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Localización Santiago de Cali

Fecha Ensayo 11-abr-12
Fecha Muestreo 09-abr-12



Zully De la Portilla
Estudiante de Ingeniería Civil

Leidy Johanna Prado
Estudiante de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO
Localización

DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
Santiago de Cali

Fecha 11-abr-12

S # #	M #	Prof. m	Granulometría												Humedad natural	Límite		Índice de plasticidad	Clasificación U.S.C.S
			1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#8	#16	#30	#50	#100	#200		Líquido	Plástico		
1	1	0,50 - 1,00	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	98	96	24,5	56,2	23,7	32,5	C H
	2	1,50 - 2,00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	31,0	56,9	33,8	23,1	M H
	3	3,00 - 3,50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	86	28,8	42,7	24,6	18,1	C L
	4	4,50 - 5,00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	36,6	44,8	29,1	15,7	M L
	5	6,00 - 6,50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	86	38,5	38,4	26,7	11,7	M L
	6	7,50 - 8,00	100	100	100	100	100	97	87	60	28	20	14	7,8	11,1		NP		SP SM
	7	9,00 - 9,50	100	100	100	98	96	92	85	74	58	40	24	16	11,6		NP		S M
2	1	0,50 - 1,00	100	100	100	75	75	69	63	58	49	38	31	25	14,4	44,9	19,9	25,0	C L
	2	1,50 - 2,00	100	100	100	100	100	91	88	83	75	65	55	50	28,1	51,0	28,5	22,5	M H
	4	4,50 - 5,00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97	58,9	56,1	33,4	22,7	M H
	5	6,00 - 6,50	100	100	100	100	100	99	97	87	58	37	22	13	15,8		NP		S M
	6	7,50 - 8,00	100	100	100	99	98	96	92	81	58	35	21	13	13,2		NP		S M
	7	9,00 - 9,50	100	100	100	100	100	98	94	86	64	41	23	15	14,4		NP		S M
3	1	0,50 - 1,00	100	100	100	100	100	100	97	91	88	86	82	78	22,1	40,7	25,6	15,1	M L
	2	1,50 - 2,00	100	100	100	100	94	88	77	70	63	57	50	45	18,8	40,7	23,2	17,5	C L
	3	3,50 - 4,00	100	100	100	84	84	83	82	81	80	78	73	51	25,8	39,9	24,6	15,3	C L
	5	6,00 - 6,50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	85	54	36,4	39,9	24,6	15,3	C L
	6	7,50 - 8,00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	77	41	32,6		NP		S M
	1	0,50 - 1,00	100	100	96	93	91	86	82	76	62	41	21	14	8,9		NP		S M
	2	1,50 - 2,00	100	100	91	86	86	79	73	66	55	42	28	21	11,0		NP		S M
4	3	3,00 - 3,50	100	100	100	100	85	83	80	76	73	71	68	65	24,0	55,8	27,0	28,8	C H
	5	6,00 - 6,50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	96	40,7	56,5	33,8	22,7	M H
	6	7,50 - 8,00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	88	42,4	56,5	33,8	22,7	M H
	1	0,50 - 1,00	100	100	80	80	78	71	66	61	55	48	38	31	12,6		NP		S M
	2	1,50 - 2,00	100	100	100	100	100	100	99	98	96	93	82	68	20,9		NP		S M
	3	3,00 - 3,50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	34,7	45,1	23,9	21,2	C L
	4	4,50 - 5,00	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	96	82	27,4	30,2	21,3	8,9	C L
5	5	6,00 - 6,50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97	70	47	26,5	38,1	19,6	18,5	C L
	6	7,50 - 8,00	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	92	69	26,9	38,1	24,9	13,2	M L
	7	9,00 - 9,50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	96	39,4	51,0	28,5	22,5	M H
	1	0,50 - 1,00	100	100	95	88	83	73	65	59	50	38	27	21	14,2		NP		S M
	2	1,50 - 2,00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	82	54	25,8	31,9	21,8	10,1	C L
	4	4,50 - 5,00	100	100	100	100	100	99	99	99	99	96	80	63	32,5		NP		S M
	5	6,00 - 6,50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	92	37,2	46,4	24,9	21,5	C L
6	6	7,50 - 8,00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90	46,9	31,9	24,9	7,0	M L
	7	9,00 - 9,50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	81	29,0	43,1	19,3	23,8	C L

COMPRESIÓN INCONFINADA

PROYECTO: DIAGNÓSTICO DEL DIQUE DEL RÍO CAUCA
LOCALIZACIÓN: Santiago de Cali
FECHA RECIBIDO: 12/06/2012

SONDEO N°: 4

MUESTRA N°: S-1

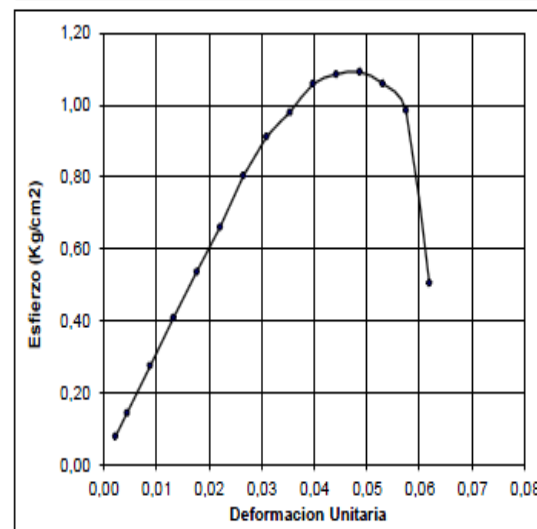
PROFUNDIDAD: 4,50 - 5,00 metros

Deformacion 0.001"	Lectura 0.0001"	Carga Kg	Deformacion Unitaria	Area corregida cm ²	Esfuerzo Kg/cm ²
10	19	1,26	0,002	16,0	0,08
20	35	2,32	0,004	16,0	0,14
40	67	4,43	0,009	16,1	0,28
60	100	6,62	0,013	16,2	0,41
80	132	8,74	0,018	16,3	0,54
100	163	10,79	0,022	16,3	0,66
120	199	13,17	0,027	16,4	0,80
140	227	15,03	0,031	16,5	0,91
160	245	16,22	0,035	16,6	0,98
180	266	17,61	0,040	16,6	1,06
200	274	18,14	0,044	16,7	1,09
220	277	18,34	0,049	16,8	1,09
240	270	17,87	0,053	16,9	1,06
260	252	16,68	0,057	16,9	0,98
280	130	8,61	0,062	17,0	0,51
300	200	13,24			

Resistencia máxima a compresión (kg/cm ²)	1,09
---	------

Constante anillo de carga (Kg)	0,0662
--------------------------------	--------

Peso inicial (g)	321,4	Diametro (cm)	4,51
Peso solidos (g)	247,0	Altura (cm)	11,5
Humedad (%)	30,11	Area (cm ²)	15,98
γ _t (g/cm ³)	1,75	γ _d (gr/cm ³)	1,34



CONSOLIDACIÓN

Proyecto Diagnóstico del Dique del río Cauca

Fecha: 01-jun-12

Sondeo # 4 Muestra # S-1 Prof. (m) 4,75

ESCALÓN	Esfuerzo en muestra (Kg/cm ²)	Deformación 0,0001 pl	Deformación cm	Altura muestra (cm)	Volumen total (cm ³)	Volumen vacíos (cm ³)	Relación de vacíos
CARGA	0,00	0	0,000	1,905	38,6112	18,9394	0,9628
	0,27	45	0,011	1,894	38,3795	18,7077	0,9510
	0,54	43	0,011	1,883	38,1582	18,4863	0,9397
	1,09	83	0,021	1,862	37,7309	18,0591	0,9180
	2,17	103	0,026	1,835	37,2006	17,5288	0,8911
	4,34	134	0,034	1,801	36,5108	16,8389	0,8560
	8,68	165	0,042	1,759	35,6613	15,9895	0,8128
	17,37	247	0,063	1,697	34,3897	14,7179	0,7482
DESCARGA	8,68	79	0,020	1,717	34,7964	15,1246	0,7688
	4,34	120	0,030	1,727	35,0075	15,3357	0,7796
	2,17	162	0,041	1,738	35,2237	15,5519	0,7906
	1,09	219	0,056	1,752	35,5172	15,8453	0,8055
	0,00	365	0,093	1,789	36,2688	16,5970	0,8437

CONSOLIDACIÓN

Proyecto Diagnóstico del Dique del río Cauca

Fecha: 01-jun-12

Sondeo # 4

Muestra # S-1

Prof. (m) 4,75

CARGA	RELACIÓN DE VACÍOS	δe	δP	A_v	M_v (cm ² /Kg)	H muestra cm	H drenaje cm	t_{90} (min)	C_v cm ² /seg	K (cm/seg)
0,00	0,9628					1,905				
		0,0118	0,27	0,043	0,022		0,9496425	1,44	0,0089	1,9571E-07
0,27	0,9510					1,894				
		0,0113	0,27	0,041	0,021		0,9440545	1,44	0,0087	1,8593E-07
0,54	0,9397					1,883				
		0,0217	0,54	0,040	0,021		0,9360535	0,64	0,0193	3,9924E-07
1,09	0,9180					1,862				
		0,0270	1,09	0,025	0,013		0,9242425	1	0,0121	1,5632E-07
2,17	0,8911					1,835				
		0,0351	2,17	0,016	0,009		0,909193	1,44	0,0081	6,9305E-08
4,34	0,8560					1,801				
		0,0432	4,34	0,010	0,005		0,8902065	1	0,0112	6,0017E-08
8,68	0,8128					1,759				
		0,0646	8,68	0,007	0,004		0,8640445	2,25	0,0047	1,9257E-08
17,37	0,7482					1,697				

CONSOLIDACIÓN

Proyecto Diagnóstico del Dique del río Cauca

Fecha: 01-jun-12

Sondeo # 4 Muestra # S-1 Prof. (m) 4,75 Nivel freático (m) 0

	Inicial	Final
Peso de la muestra total	133,1	134,22
Peso de los solidos	117,55	117,55
Peso del anillo (g)	66,6	66,6
Peso del agua (g)	15,55	16,67
Peso de los solidos (g)	50,95	50,95
Porcentaje de humedad	30,52	32,72
Gravedad especifica de los solidos	2,59	2,59
Volumen de solidos (cm ³)	19,67	19,67
Diámetro de la muestra (cm)	5,08	5,08
Altura de la muestra (cm)	1,905	1,789
Volumen Total (cm ³)	38,611	36,269
Volumen Vacios (cm ³)	18,939	16,597
Relación de vacios	0,963	0,844
Grado de Saturacion (%)	82	100
Peso unitario Total (gr/cm ³)	1,72	

INDICE DE COMPRESIBILIDAD, C_c	0,215
CARGA DE PRECONSOLIDACION (Kg/cm ²)	3,90
INDICE DE EXPANSIBILIDAD, C_s	0,043

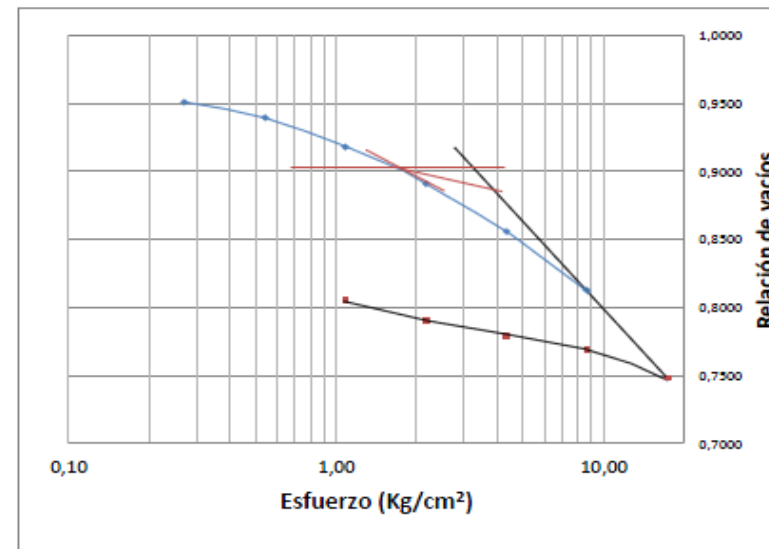
P'_{o}	0,82 Kg/cm ²
----------	-------------------------

k	11,83
L	6,99

Característica	SOBRECONSOLIDADO
----------------	------------------

Esfuerzos totales	0,82	Kg/cm ²
Presión de poro	0	Kg/cm ²

Carga en soporte (Kg)	Esfuerzo en muestra (Kg/cm ²)
0,5	0,27
1	0,54
2	1,09
4	2,17
8	4,34
16	8,68
32	17,37



ENSAYO CORTE DIRECTO

PROYECTO: Diagnóstico del dique del río Cauca

LOCALIZACIÓN: Santiago de Cali

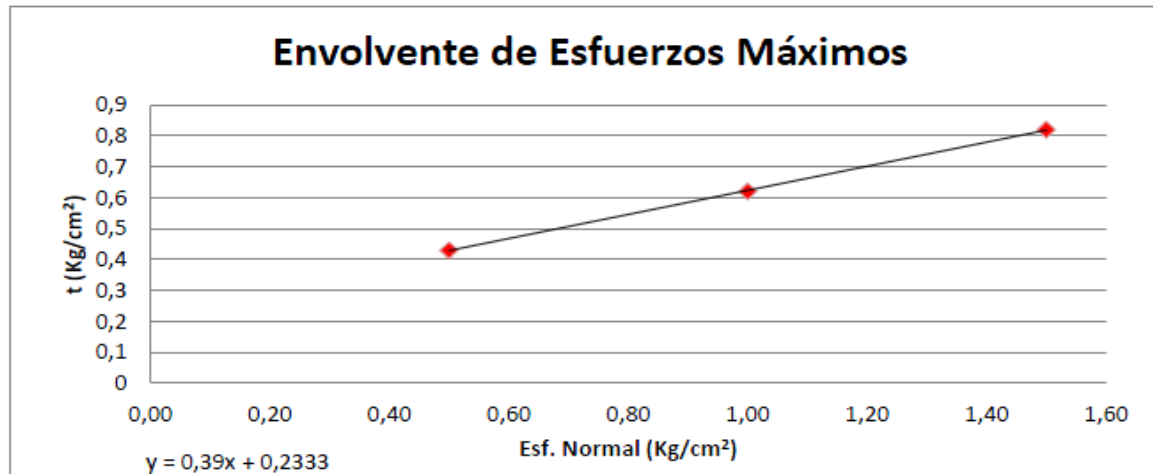
SONDEO # A-1

MUESTRA: 1

Prof. (m): 1,50 - 2,00

FECHA ENSAYO: 16-jun-12

ENSAYO CORTE DIRECTO		NO CONSOLIDADO - NO DRENADO		
MUESTRA #	PESO UNITARIO TOTAL (gr/cm ³)	HUMEDAD (%)	ESFUERZO NORMAL (Kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE (Kg/cm ²)
1	1,64	41	0,50	0,43
2	1,67	39,6	1,00	0,62
3	1,69	38,2	1,50	0,82



Cu (Kg/cm ²)	0,24
Ángulo fricción	21°

ENSAYO CORTE DIRECTO

PROYECTO: Diagnóstico del dique del río Cauca

LOCALIZACION: Santiago de Cali

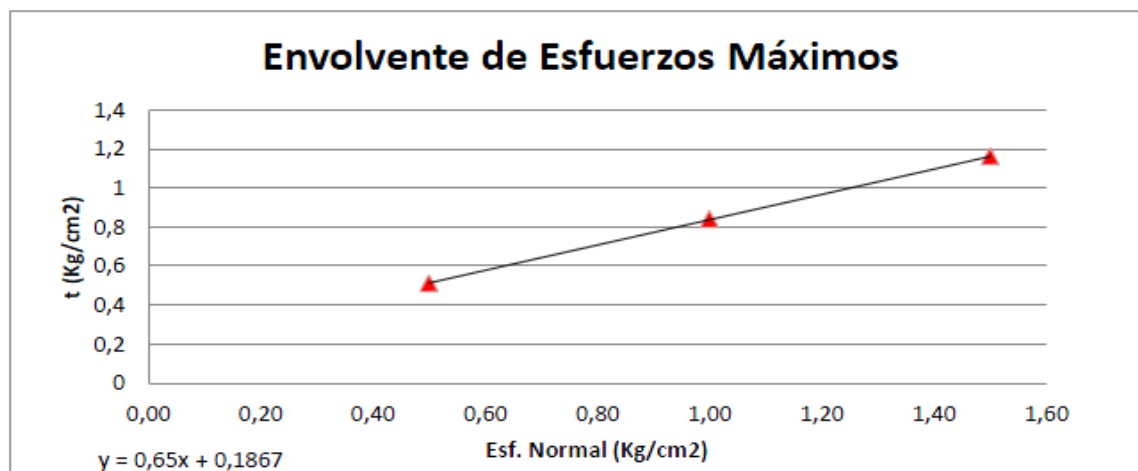
SONDEO # A-1

MUESTRA: 1

Prof. (m): 1,50 - 2,00

FECHA ENSAYO: 16-jun-12

ENSAYO CORTE DIRECTO		CONSOLIDADO - NO DRENADO		
MUESTRA #	PESO UNITARIO TOTAL (gr/cm ³)	HUMEDAD (%)	ESFUERZO NORMAL (Kg/cm ²)	ESFUERZO CORTANTE (Kg/cm ²)
1	1,73	32,2	0,50	0,51
2	1,70	30,7	1,00	0,84
3	1,71	33,5	1,50	1,16



F. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

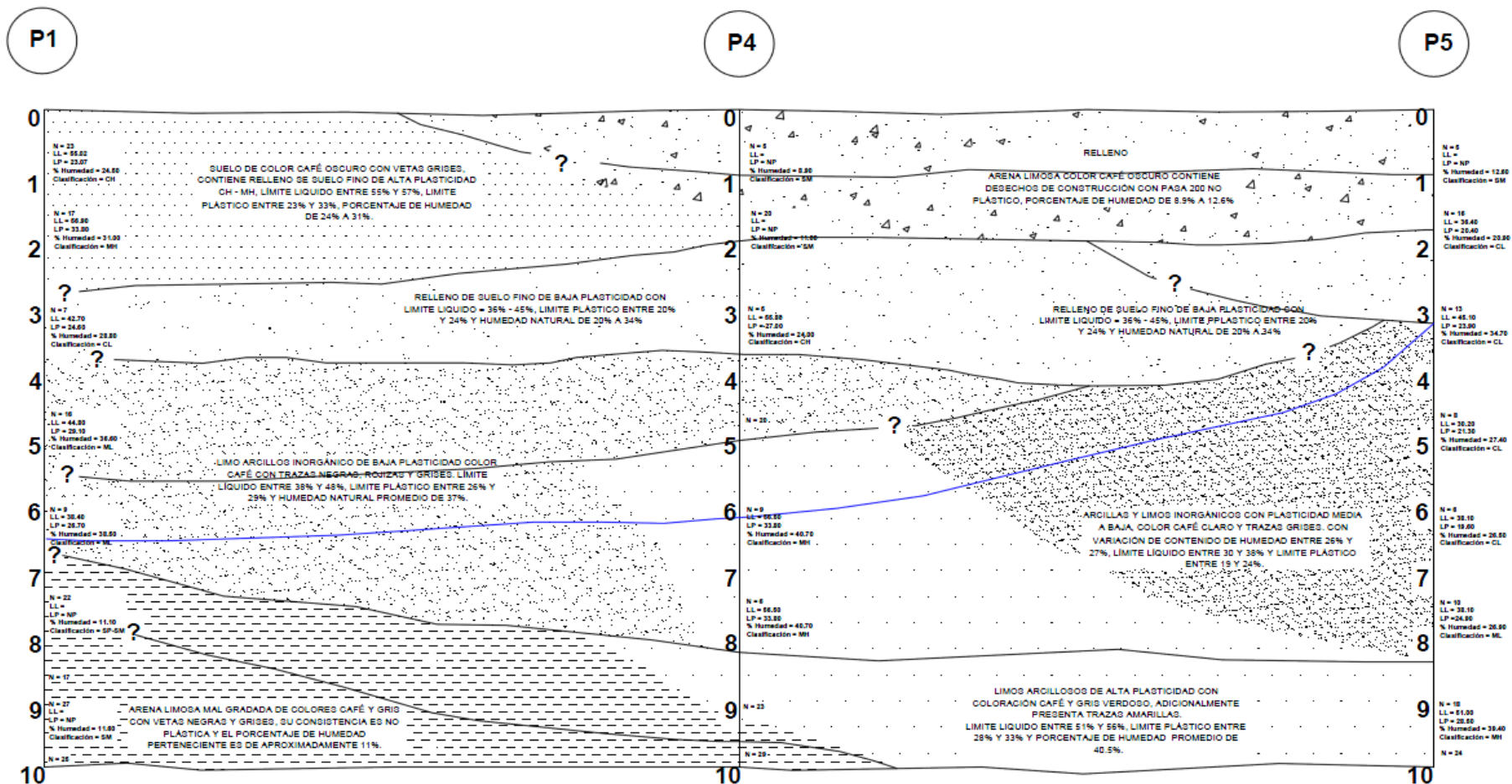


Figura 42: Perfil estratigráfico longitudinal de la corona del dique

P2

P6

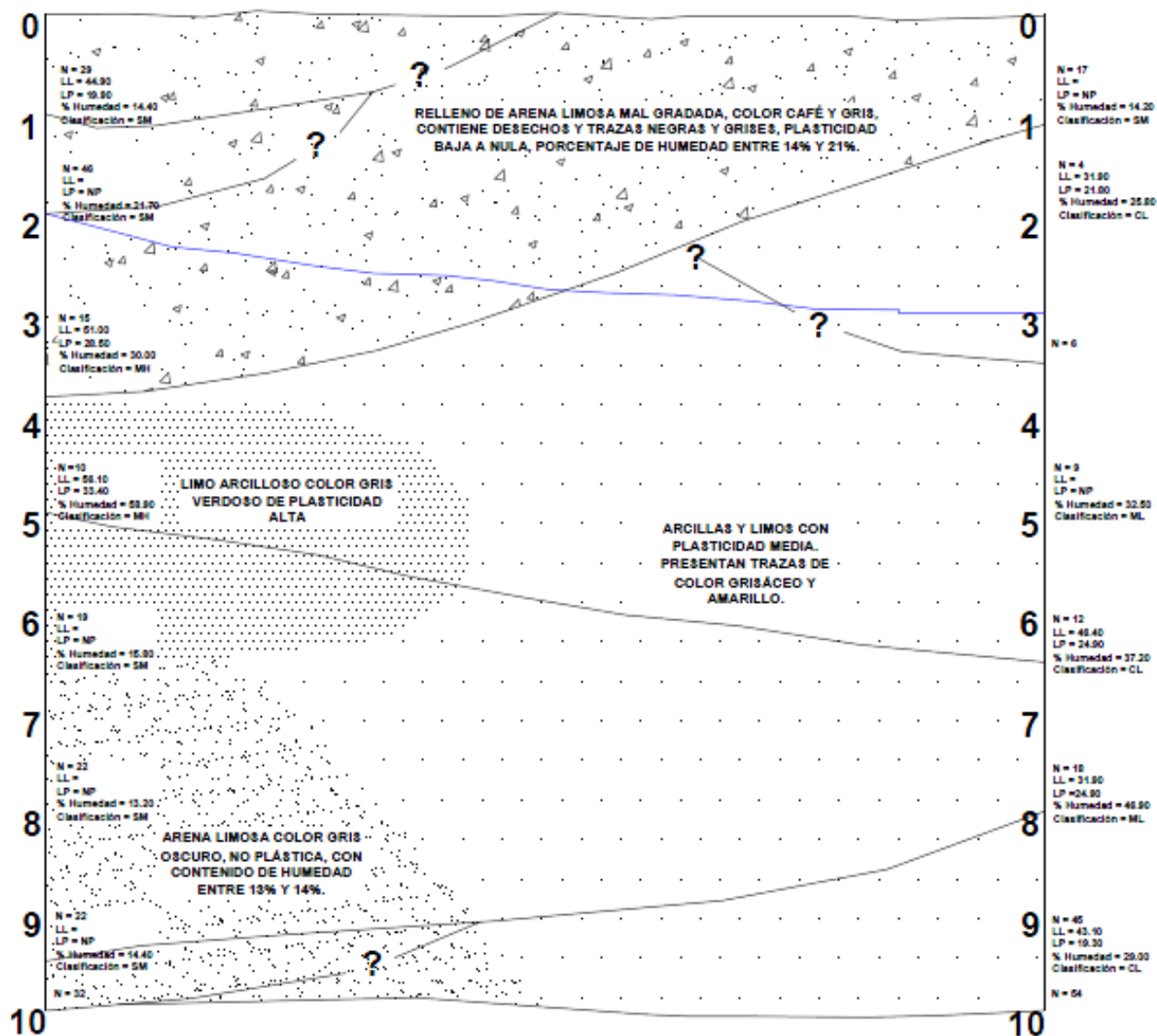


Figura 43: Perfil estratigráfico del lado húmedo del dique

P3

P6

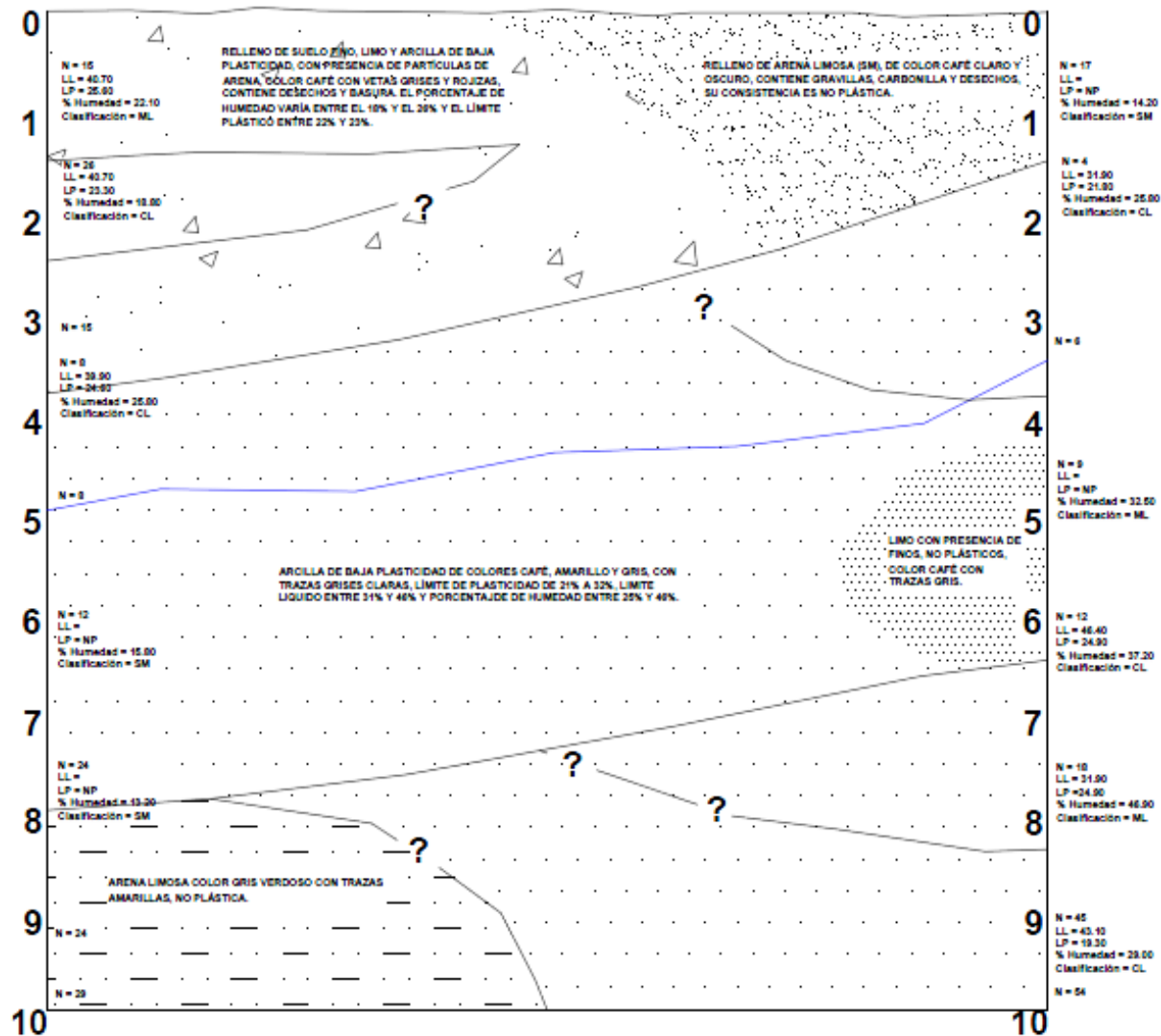


Figura 44: Perfil estratigráfico de la sección transversal del dique