

CONTENIDO

	Pág.
1 LOCALIZACIÓN	1
2 INTRODUCCIÓN	1
3 INFORMACIÓN SECUNDARIA Y ANTECEDENTES	1
4 GEOLOGÍA	2
4.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	2
4.2 LITOLOGÍA	4
4.2.1 FORMACIÓN REGADERA (TSR)	4
4.2.2 MATERIALES ANTRÓPICOS	7
4.3 TECTÓNICA	8
4.4 OBSERVACIONES DE CAMPO	9
5 INVESTIGACIONES DE CAMPO Y LABORATORIO	13
5.1 TOPOGRAFÍA	13
5.2 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO	13
5.3 PRUEBAS DE CAMPO	13
5.4 ENSAYOS DE LABORATORIO	14
6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA	26
6.1 PERFIL GEOTÉCNICO PROMEDIO	26
6.2 PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES	26
6.2.1 MATERIAL 1	26
6.2.2 MATERIAL 2	27
6.2.3 MATERIAL 3	27
6.2.4 MATERIAL 4	28
6.2.5 MATERIAL 5	28
7 ANÁLISIS GEOTÉCNICOS	37
8 PARÁMETROS SÍSMICOS DE DISEÑO	38

9	MEDIDAS RECOMENDACIONES	38
10	LIMITACIONES	40
11	BIBLIOGRAFÍA	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1 Geología zona de estudio	10
Figura 4-2 Perfiles geológicos	11
Figura 4-3 Localización de estaciones geológicas de lecturas de rumbo y buzamiento.	12
Figura 5-1 Topografía y Exploración del Subsuelo	15
Figura 5-2 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-1	16
Figura 5-3 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-2	17
Figura 5-4 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-3	18
Figura 5-5 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-4	19
Figura 5-6 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-5	20
Figura 5-7 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas de la Trinchera TR-1	21
Figura 5-8 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas de la Trinchera TR-2	22
Figura 5-9 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del sondeo 6 (realizado por INVEST. GEOTÉCNICAS LTDA, 2000).	23
Figura 6-1 Perfil geotécnico – Sección 1-1'	29
Figura 6-2 Perfil geotécnico – Sección 2-2'	30
Figura 6-3 Carta de Plasticidad	31
Figura 6-4 Determinación de parámetros de resistencia a partir del SPT – Material 1	32
Figura 6-5 Determinación de parámetros de resistencia a partir del SPT – Material 2	33
Figura 6-6 Determinación de parámetros de resistencia a partir del SPT – Material 3	34
Figura 6-7 Determinación de parámetros de resistencia a partir del SPT – Material 5	35

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1 Resultados de pruebas de campo y ensayos de laboratorio	24
Tabla 6-1 Normalización del ensayo de penetración estándar, SPT	36

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO
ANEXO B MEMORIAS DE CÁLCULO
ANEXO C CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO
ANEXO D ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN
ANEXO E PLANOS

LISTA DE PLANOS

ANEXO E PLANOS Plano 1. Obras Recomendadas

Sitio 5 Barrio Villas del Recuerdo

Diagnóstico Técnico No. DI-2018 DT-005

1 LOCALIZACIÓN

Localidad:	Rafael Uribe Uribe (18)
Barrio:	Villas del Recuerdo
UPZ:	54 Marruecos
Dirección	Calle 48D Sur con Carrera 12B
Tipo de Riesgo:	Falla de Estructura de Contención, Afectación Vía y vivienda

2 INTRODUCCIÓN

EL FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ- FOPAE suscribió con el CONSORCIO IGR el contrato de consultoría CONS 453 de 2004 para la “Elaboración de Diseños de obras, presupuestos y especificaciones técnicas en sitios afectados por emergencias debido a la reciente temporada de lluvias, con prioridad en la Localidades de Ciudad Bolívar, Usme y Rafael Uribe Uribe de Bogotá D.C.”.

El propósito de este informe es dar las recomendaciones necesarias para rehabilitar o reemplazar las estructuras de contención falladas ubicadas en la Calle 48D Sur con Carrera 12B, Barrio Villas del Recuerdo, Bogotá D.C.

Este documento contiene la descripción de las actividades realizadas en el curso de este estudio, así como los análisis que se llevaron a cabo y las conclusiones obtenidas.

3 INFORMACIÓN SECUNDARIA Y ANTECEDENTES

El 14 de diciembre de 2004 se realizó una visita con el Ingeniero Edgar E. Rodríguez G., del CONSORCIO IGR, y el ingeniero Edson Orlando Hoyos Cerón, Coordinador Técnico

del DPAE, al sitio del proyecto, donde se evidenciaron los problemas presentes en la zona donde el FOPAE implantó un muro en llantas en el 2001.

La estructura de contención en la pata del talud (calle 48D Sur con calle 12B), la conforman dos muros en llantas contiguos y con una separación entre ellos de aproximadamente 2.7m; de altura promedio de 2.3m; de longitudes de 14m y 11m, para los muros de los costados derecho e izquierdo, respectivamente. En la parte posterior de los muros existen grietas longitudinales, con escarpes de hasta 40cm y pérdida de la empedradización. En el talud bajo el muro del costado Oriental se presenta desprendimiento de la cobertura vegetal y la parte superior del terreno afectando algunos de los muros exteriores de la vivienda aledaña al talud. Lo anterior, de acuerdo con información suministrada por el DPAE se generó en la temporada de lluvias pasada. Es de notar la existencia de redes de alcantarillado (pluvial y sanitario) en dirección de la pendiente pasando entre los dos muros de llantas.

En el barrio en el que se encuentra el sitio de estudio, la firma INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS LTDA, en abril de 2000, realizó para el FOPAE el “Estudio de riesgo por remoción en masa y diseño detallado de obras de protección y control en el Barrio Villas del Recuerdo, Localidad de Rafael Uribe Uribe”, en el se presenta el planteamiento y definición de las acciones y obras para la prevención, mitigación y control de los niveles de riesgo a que está expuesta la comunidad del Barrio Villas del Recuerdo. En dicho estudio, el Barrio se dividió en tres zonas, dentro de las cuales la Zona 3 (Zona en la que se encuentra la obra objeto del presente estudio) presenta un nivel de amenaza por FRM alto a muy alto en la que se destacan procesos de erosión intensos. Sin embargo, afirman que la magnitud de los procesos de inestabilidad probables es baja y con poder de destrucción bajo, por lo que recomendaron obras tales como: muro en llantas de confinamiento del pie del escarpe; perfilado y reconformación del talud resultante; y obras de drenaje superficial y subsuperficial, zanjas, cunetas y filtros.

4 GEOLOGÍA

Los muros de contención en llantas construidos hace algunos años en el sector del Barrio El Recuerdo (Localidad de Rafael Uribe), han sufrido deformaciones y pueden llegar a la falla por volteo debido al empuje de materiales antrópicos de carácter arcilloso y suelos residuales predominantemente arcillosos de plasticidad media a alta y con alta humedad natural. En el presente informe de visita de campo se pretende definir el tipo de materiales existentes en el punto que falló el muro y en la zona de ladera agrietada, así como aportar en el análisis de estabilidad local y regional de las laderas y los taludes.

4.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La zona trabajada hace parte de la zona de Lomas de Rafael Uribe, específicamente en la zona baja del sector norte de dichas lomas. Presenta una morfología de ladera con pendientes que varían entre 15 y 25° en las zonas sin intervención y de 45 a 60° (con

segmentos de talud sub-verticales) en taludes intervenidos, sea para la extracción de arcillas como material de construcción o como talud de corte para la adecuación de terreno con fines urbanísticos. Es importante anotar que una porción de la ladera, ubicada arriba del muro de llantas se observa reconformada como parte de las obras y medidas de estabilización llevadas a cabo (Fotografía 4-1) y es esta zona la que se encuentra afectada por agrietamiento (Fotografía 4-2).

El punto de falla de un muro de llantas construido a finales de 2000 se encuentra sobre depósitos antrópicos de carácter arcilloso que cubren arcillolitas blandas no fisibles, frecuentemente alteradas a suelos residuales arcillosos y areniscas líticas friables a muy friables de la Formación Regadera.



Fotografía 4-1 Zona reconformada (1), ladera arriba del muro de llantas.



Fotografía 4-2 Zona de agrietamiento unos metros arriba del muro de llantas

4.2 LITOLOGÍA

En este numeral se tiene como referencia información del Léxico Estratigráfico Internacional (Da Porta, 1974).

4.2.1 FORMACIÓN REGADERA (TSR)

Nombre: Propuesto por Hubach (1951). El nombre de esta unidad procede del Embalse de La Regadera ubicado al sur de Usme (Cundinamarca).

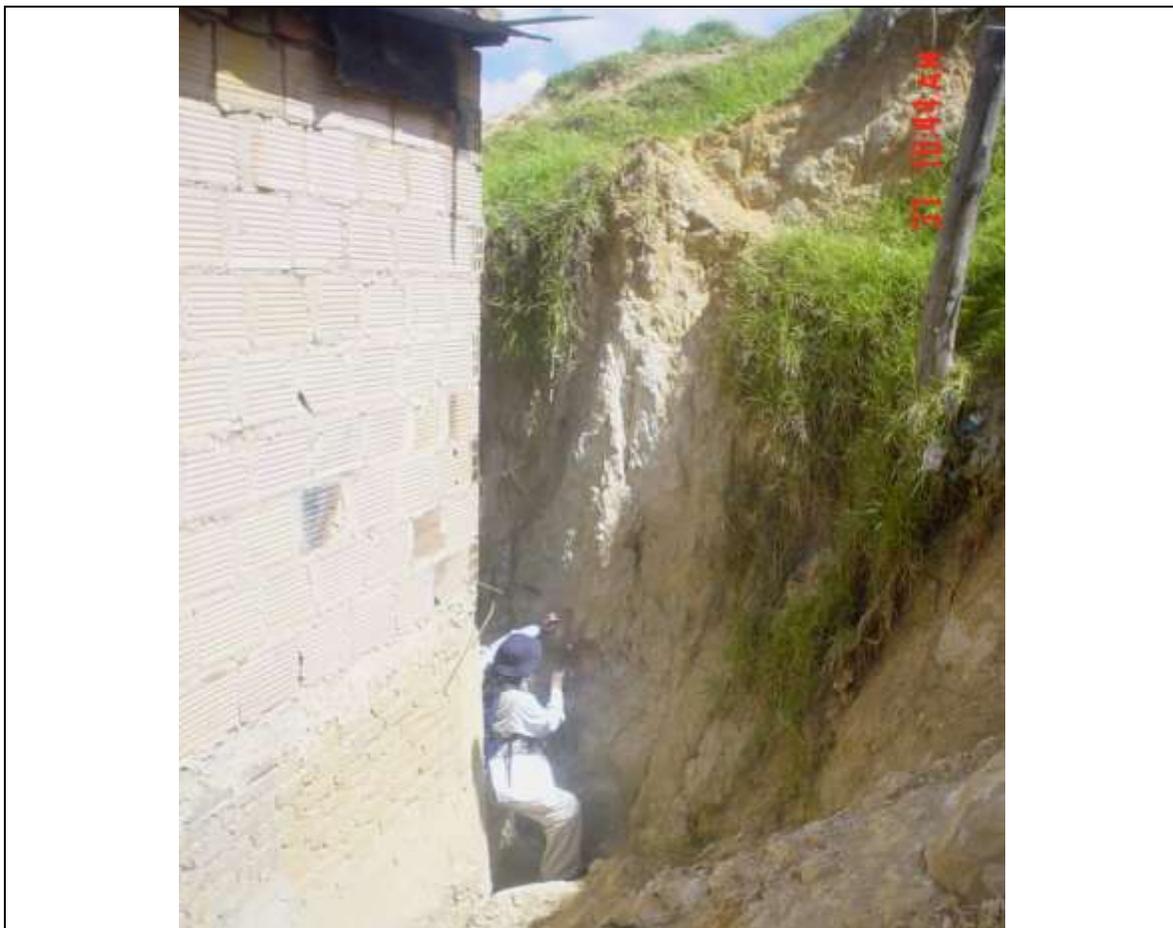
Edad: Eoceno medio

Área tipo y límites: Se ubica entre las arcillolitas de la Formación Bogotá en la parte inferior y las de la Formación Usme en la parte superior. Julivert le asigna como sección tipo Valle del Tunjuelo.

Características físicas de la roca en el área tipo: Conjunto de bancos detríticos resistentes, de areniscas de tamaño variable, pero generalmente grueso, alternando con conglomerados y con niveles de arcillas abigarradas. En el conjunto predominan las areniscas y conglomerados dando a esta unidad el carácter de nivel duro que destaca netamente en el relieve dando fuertes crestones.

Características físicas de la roca en el área de estudio: Intercalación de areniscas con arcillolitas, con predominio de las primeras. Las areniscas se disponen en bancos que alcanzan 15 metros de espesor, de grano fino a medio, de color amarillo claro a blanco, altamente fracturadas y meteorizadas, con dureza baja carácter friable. El contacto con las arcillolitas es erosivo.

Las arcillolitas son de color amarillo claro y violeta, moderada a altamente meteorizadas, sobre ellas se encuentran los chircales y hornos de la parte centro-occidental de la zona de extracción de Rafael Uribe; tienen espesor promedio de 10 metros y presentan intercalaciones de areniscas de hasta 2 m de espesor. Estas litologías se formaron a partir de sedimentos depositados en ambientes continentales de tipo fluvial. En particular, la zona de falla del muro de llantas presenta predominio de arcillolitas, con paquetes de areniscas friables de colores amarillos a blancuzcos de menos de 2 metros de espesor (Fotografía 4-3). En la totalidad de afloramientos se presenta geometría lenticular, tanto en paquetes espesos de arenisca, como en las intercalaciones delgadas, lo que puede explicar la presencia de areniscas mucho más bajas en la sección izquierda (si se asume la horizontalidad de los estratos)



Fotografía 4-3 Contacto entre las areniscas friables que sirven de material de soporte a una parte de la estructura de contención y las arcillolitas que las suprayacen.

Características geotécnicas y procesos morfodinámicos típicos:

La Formación Regadera ha sido estudiada y sus parámetros geotécnicos cuantificados en la Localidad de Rafael Uribe en estudios que a la fecha adelanta el DAMA. Tanto areniscas como arcillolitas presentan comportamiento de roca blanda. Los estudios sobre los macizos rocosos (areniscas) han dado como resultado macizos tipo IV y V, según la clasificación de Bieniawski, es decir, macizos de calidad mala y muy mala. Los procesos típicos en los escarpes de contrapendiente de areniscas son caídas de bloques de areniscas friables (como en el parqueadero de busetas situado al NW de la zona de estudio, Fotografía 4-4).



Fotografía 4-4 Bancos de arenisca con segmentos en voladizo por extracción de las arcillolitas basales que configuran la posibilidad de caída de bloques.

En las zonas de suelos residuales arcillosos se presentan deslizamientos rotacionales y traslacionales generalmente de tamaños pequeños (menos de 500 m², tal como el adyacente a la zona de estudio hacia el sur), flujos de tierra y reptación (movimientos lentos) que pueden aumentar su velocidad por cambios marcados de humedad (inducidos por causas naturales como precipitaciones por encima de lo normal o por causas antrópicas como desempate de tuberías de acueducto o alcantarillado). Un ejemplo de ello se caracterizó en el deslizamiento adyacente a la zona de estudio por el sur (Fotografía 4-5):

Deslizamiento traslacional de material antrópico arcilloso.

Corona: 30 m

Longitud: 20 m

Área aprox.: 400 m²

Espesor: 2,5 m

Material involucrado: Relleno antrópico que se deslizó sobre las arcillolitas abigarradas de la Fm. Regadera.

Observaciones: Con reactivación de la porción oriental (10 m de corona y longitud de 20 m). El suelo presenta alta humedad natural; el agua al parecer proviene de las viviendas ubicadas en la parte alta.



Fotografía 4-5 Deslizamiento traslacional de materiales antrópicos de carácter arcilloso, adyacente a la zona de estudio por el sur.

En los estudios llevados a cabo por el DAMA (2004) en la zona de chircales de la Localidad de Rafael Uribe, se tienen, para las arcillolitas, valores de cohesión entre 0 y 2,4 ton/m² y ángulo de fricción interna entre 17 y 34° y de 20 a 34° para areniscas. Los valores similares pueden explicarse dado el carácter arenoso de las arcillolitas (en relación con su origen fluvial).

4.2.2 MATERIALES ANTRÓPICOS

Los rellenos antrópicos observados son puntuales y parecen corresponder a la reubicación de materiales de corte arcillosos y arenosos para configurar el muro de llantas, razón por la cual la cantidad de basuras no es alta. Estos depósitos se encuentran como material de soporte del muro de llantas (a excepción de la parte más nororiental, donde la estructura se cimenta directamente en areniscas líticas, Fotografía 4-6)



En este numeral se destacan los materiales arcillosos remoldeados que han sido usados para cubrir la excavación del alcantarillado, los cuales han fluido ladera abajo (Fotografía 4-7).

4.3 TECTÓNICA

La zona de estudio se ubica en la zona central del Sinclinal de Usme, razón por la cual los datos de inclinación de buzamiento medidos en cercanías al muro de llantas y en otros afloramientos cercanos son sub-horizontales (menores de 10°).

Los estudios previos reportan una falla satélite a la Falla de La Arboleda. Dicha falla satélite tendría una dirección N50W, con el bloque norte levantado y el bloque sur hundido. Sin embargo, no se observaron evidencias de dicha falla en la zona de estudio.

En la Figura 4-1 y Figura 4-2 se presenta la geología de la zona de estudio

4.4 OBSERVACIONES DE CAMPO

Se midieron rumbos y buzamientos en los afloramientos de arenisca de la Fm. Regadera, los cuales se anexan en la Figura 4-3

Estación 1

S = 130/5

Arenisca lítica friable en afloramiento ubicado al lado W del deslizamiento de la Diag. 48S

Estación 3

S = 100/10

Arenisca friable de grano fino a muy fino, de color blanco dado por la matriz arcillosa, probablemente caolinitica.

Estación 5

50/5

Areniscas friables alteradas.

Estación 6

220/10

Areniscas friables de color amarillo.



Fotografía 4-7 Flujo de lodos en la zona central, sobre el alineamiento del alcantarillado

Figura 4-1 Geología zona de estudio

Figura 4-2 Perfiles geológicos

Figura 4-3 Localización de estaciones geológicas de lecturas de rumbo y buzamiento.

5 INVESTIGACIONES DE CAMPO Y LABORATORIO

En este capítulo se describen las actividades desarrolladas tanto en el sitio del proyecto como en el laboratorio, tendientes a establecer las condiciones geotécnicas de la estructura de la contención y el talud. Los trabajos de campo incluyen el levantamiento topográfico y el reconocimiento geotécnico e hidráulico del sector del proyecto y la realización de sondeos manuales y trincheras.

5.1 TOPOGRAFÍA

Para el estudio se realizó el levantamiento topográfico puntos localizados en sitios de interés (muro en llantas, grietas, exploración del subsuelo, esquinas de construcciones, límite de la zona dura, estructuras hidráulicas, cerramiento, etc). La topografía se realizó con el doble propósito de contribuir a los diseños geotécnicos e hidráulicos.

El levantamiento topográfico se realizó sin amarrarse a coordenadas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, sin embargo, con el objeto de replanteos posteriores de las obras se construyeron dos mojones en concreto, los cuales se encuentran identificados con pintura.

5.2 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Los trabajos de campo consistieron en una visita al sitio del estudio con la que se reconocieron de manera preliminar las características del proyecto y se realizaron cinco sondeos manuales (S-1 a S-5) y dos trincheras (TR-1 y TR-2), cuya distribución dentro de la zona se muestra en la Figura 5-1.

Las profundidades alcanzadas en los sondeos se encuentran entre 1.90m y 5.45m, para total de 17.05m. Estas perforaciones se realizaron en la corona del talud, mientras que las trincheras (de 3.05 y 3.20m) entre las patas de los muros y el talud. Durante las exploración no se encontró el nivel freático.

Los registros gráficos de todas las perforaciones junto con los parámetros índice y de resistencia al corte se muestran de la Figura 5-2 a la Figura 5-8. Adicionalmente, en la se presenta el registro del sondeo 6, realizado en desarrollo del estudio realizado Figura 5-9 por INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS LTDA (2000).

5.3 PRUEBAS DE CAMPO

Durante la ejecución de los sondeos y las trincheras se realizaron ensayos in-situ de penetración estándar (SPT) con el fin de obtener estimaciones de la resistencia al corte de los materiales encontrados.

Los resultados de dichas pruebas se muestran de manera gráfica de Figura 5-2 a la Figura 5-8 y numérica en la Tabla 5-1.

5.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

Sobre las muestras obtenidas de los sondeos ejecutados se realizaron ensayos de clasificación y resistencia al corte. A continuación se discrimina el número de ensayos ejecutados:

- Contenido de humedad natural : 14
- Granulometría : 8
- Límites de consistencia : 10
- Peso Unitario : 6
- Ensayo de compresión inconfiada : 3
- Corte Directo en condición saturada : 4

Los resultados de los ensayos de laboratorio se resumen de manera gráfica de la Figura 5-2 a la Figura 5-8 y de forma numérica en la Tabla 5-1. En el ANEXO A se adjuntan las memorias de cálculo de los ensayos de laboratorio.

Figura 5-1 Topografía y Exploración del Subsuelo

Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 5 Barrio Villas del Recuerdo - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2018 DT 005

PROYECTO: ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS AFECTADOS POR EMERGENCIAS DEBIDO A LA RECIENTE TEMPORADA DE LLUVIAS
LOCALIZACIÓN: SITIO 5 (Villas del Recuerdo) COSTADO DERECHO DEL TALUD 4.5m ARRIBA DEL MURO EN LLANTAS

SONDEO No: S-1
FECHA: DICIEMBRE DE 2004

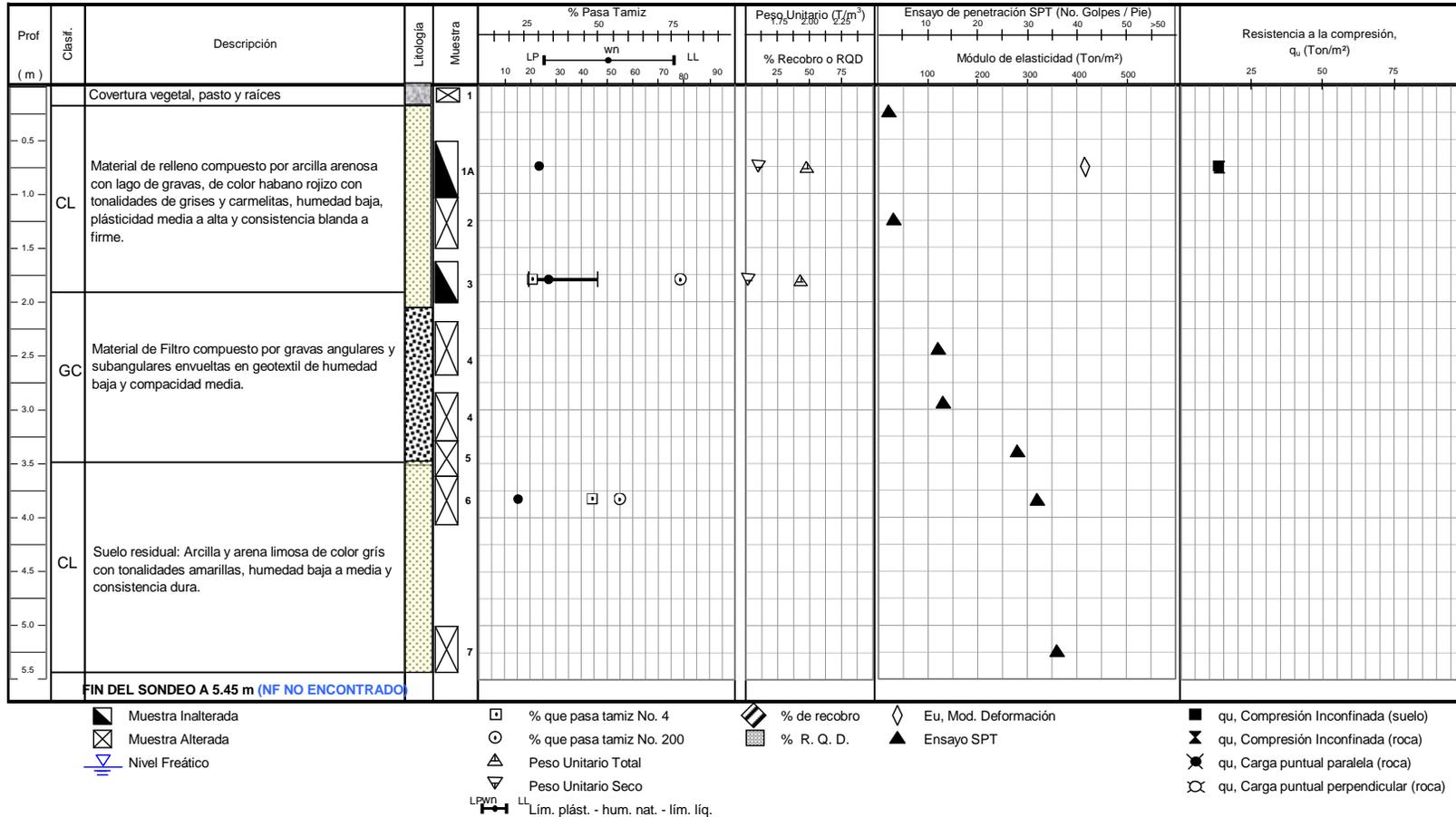


Figura 5-2 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-1

Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 5 Barrio Villas del Recuerdo - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2018 DT 005

PROYECTO: ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS AFECTADOS POR EMERGENCIAS DEBIDO A LA RECIENTE TEMPORADA DE LLUVIAS
LOCALIZACIÓN: SITIO 5 (Villas del Recuerdo) COSTADO IZQUIERDO DEL TALUD 5.15m ARRIBA DEL MURO EN LLANTAS

SONDEO No: S-2
FECHA: DICIEMBRE DE 2004

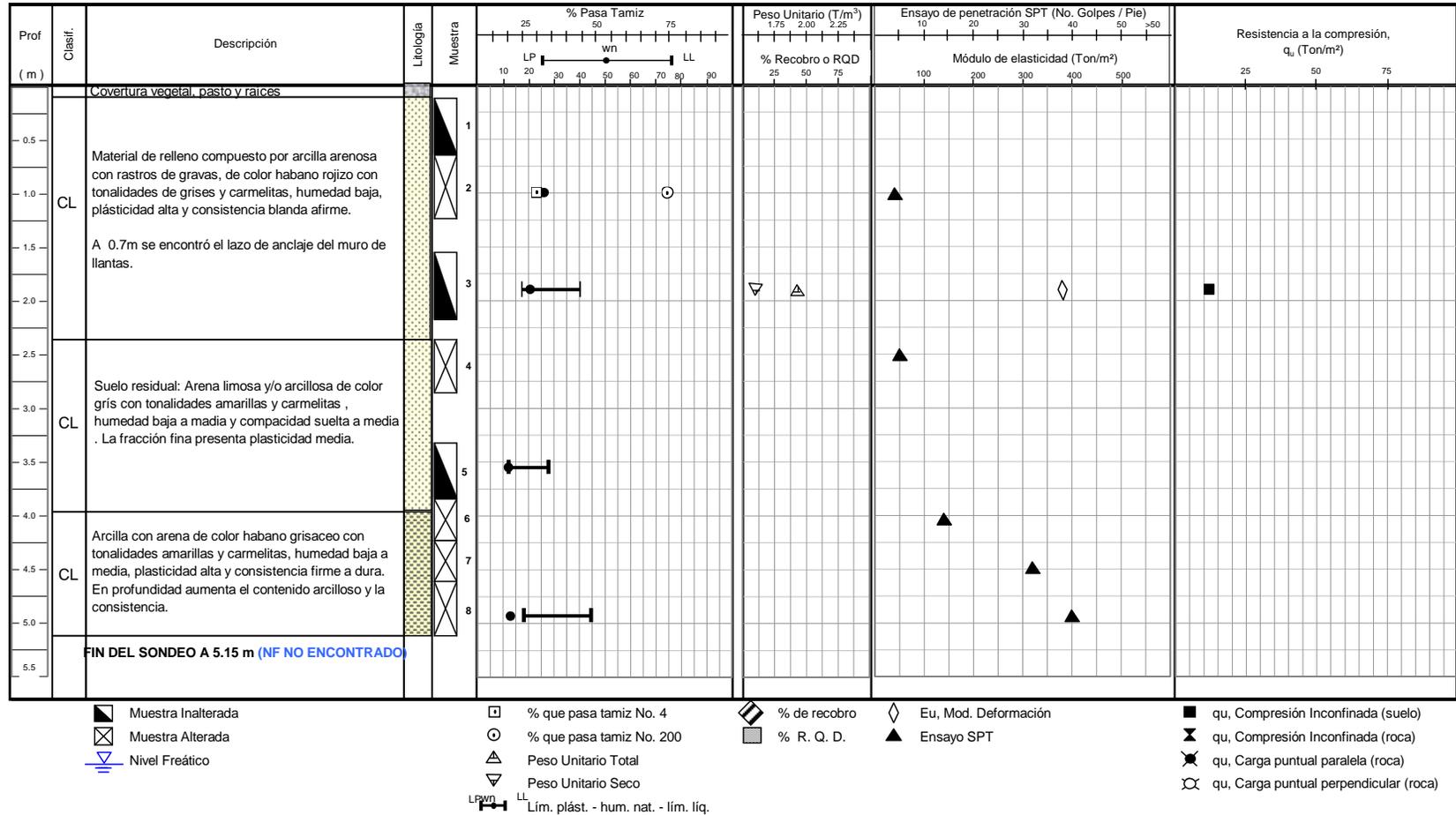


Figura 5-3 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-2

Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 5 Barrio Villas del Recuerdo - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2018 DT 005

PROYECTO: ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS AFECTADOS POR EMERGENCIAS DEBIDO A LA RECIENTE TEMPORADA DE LLUVIAS

SONDEO No: S-3

LOCALIZACIÓN: SITIO 5 (Villas del Recuerdo) COSTADO DERECHO DEL TALUD 10m ARRIBA DEL MURO EN LLANTAS

FECHA: DICIEMBRE DE 2004

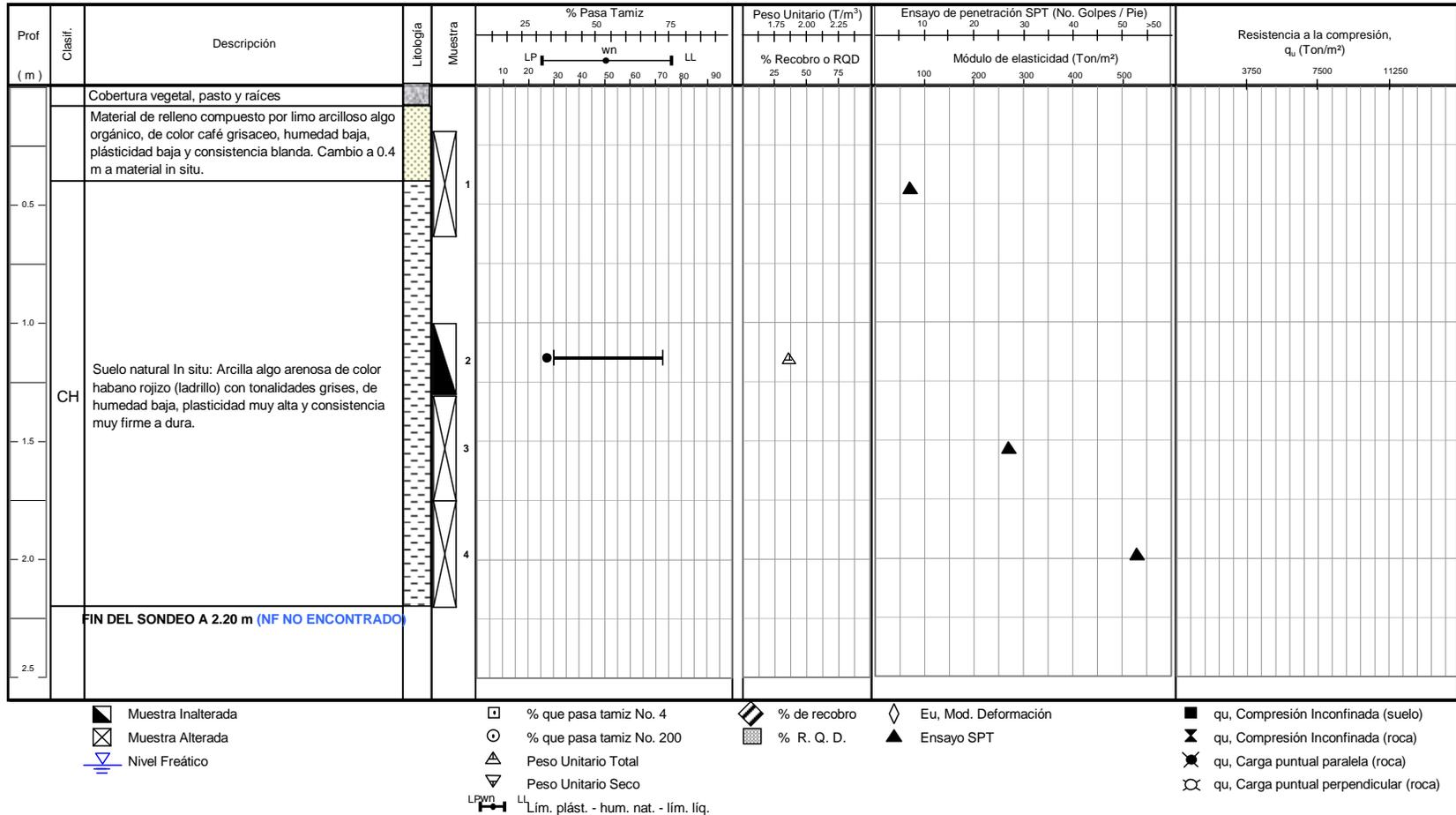


Figura 5-4 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-3

Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 5 Barrio Villas del Recuerdo - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2018 DT 005

PROYECTO: ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS AFECTADOS POR EMERGENCIAS DEBIDO A LA RECIENTE TEMPORADA DE LLUVIAS
LOCALIZACIÓN: SITIO 5 (Villas del Recuerdo) COSTADO IZQUIERDO DEL TALUD 7.1m ARRIBA DEL MURO EN LLANTAS

SONDEO No: S-4
FECHA: DICIEMBRE DE 2004

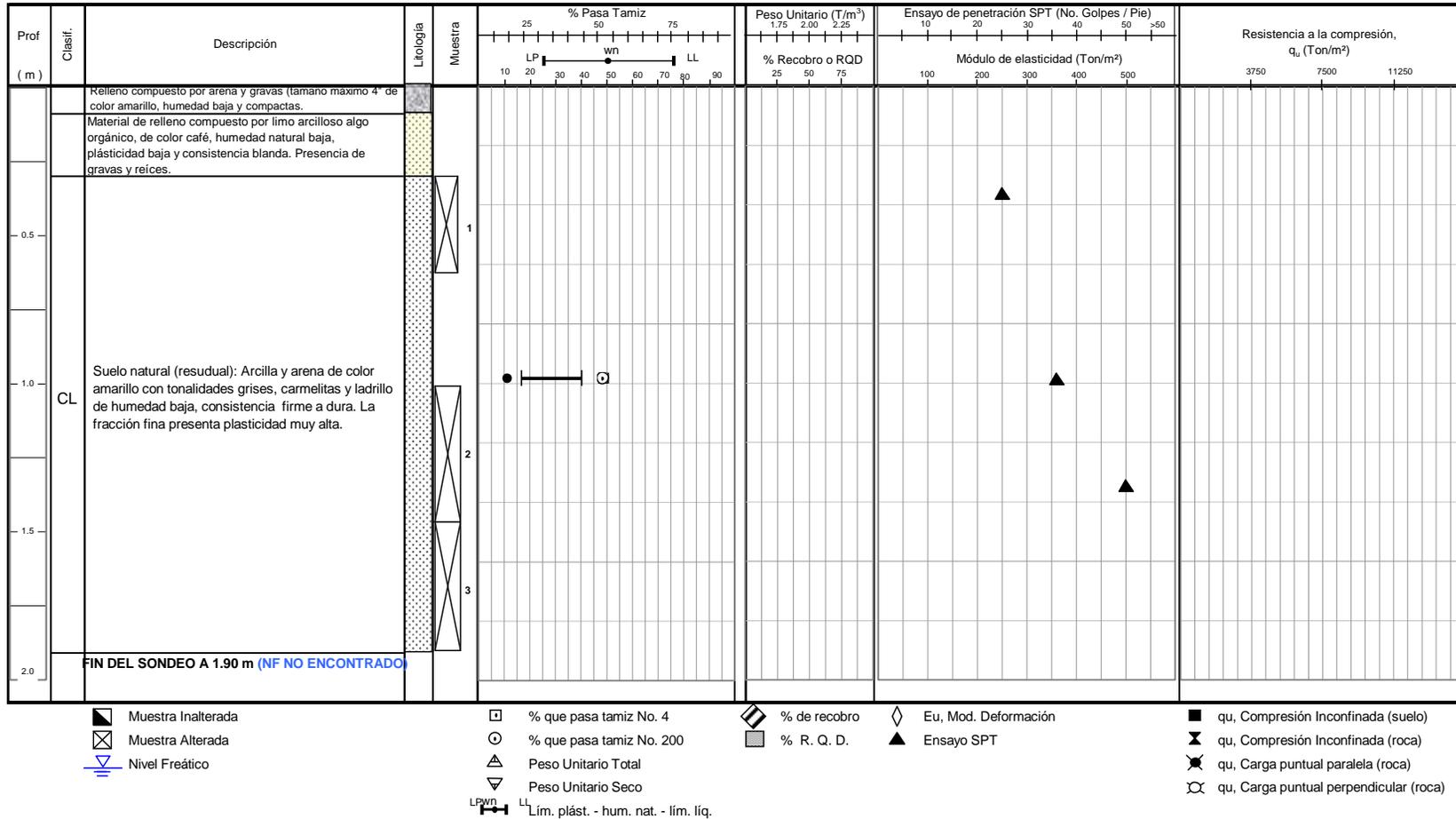


Figura 5-5 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-4

Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 5 Barrio Villas del Recuerdo - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2018 DT 005

PROYECTO: ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS AFECTADOS POR EMERGENCIAS DEBIDO A LA RECIENTE TEMPORADA DE LLUVIAS

SONDEO No: S-5

LOCALIZACIÓN: SITIO 5 (Villas del Recuerdo) COSTADO DERECHO DEL TALUD 7.8m ARRIBA DEL MURO EN LLANTAS

FECHA: DICIEMBRE DE 2004

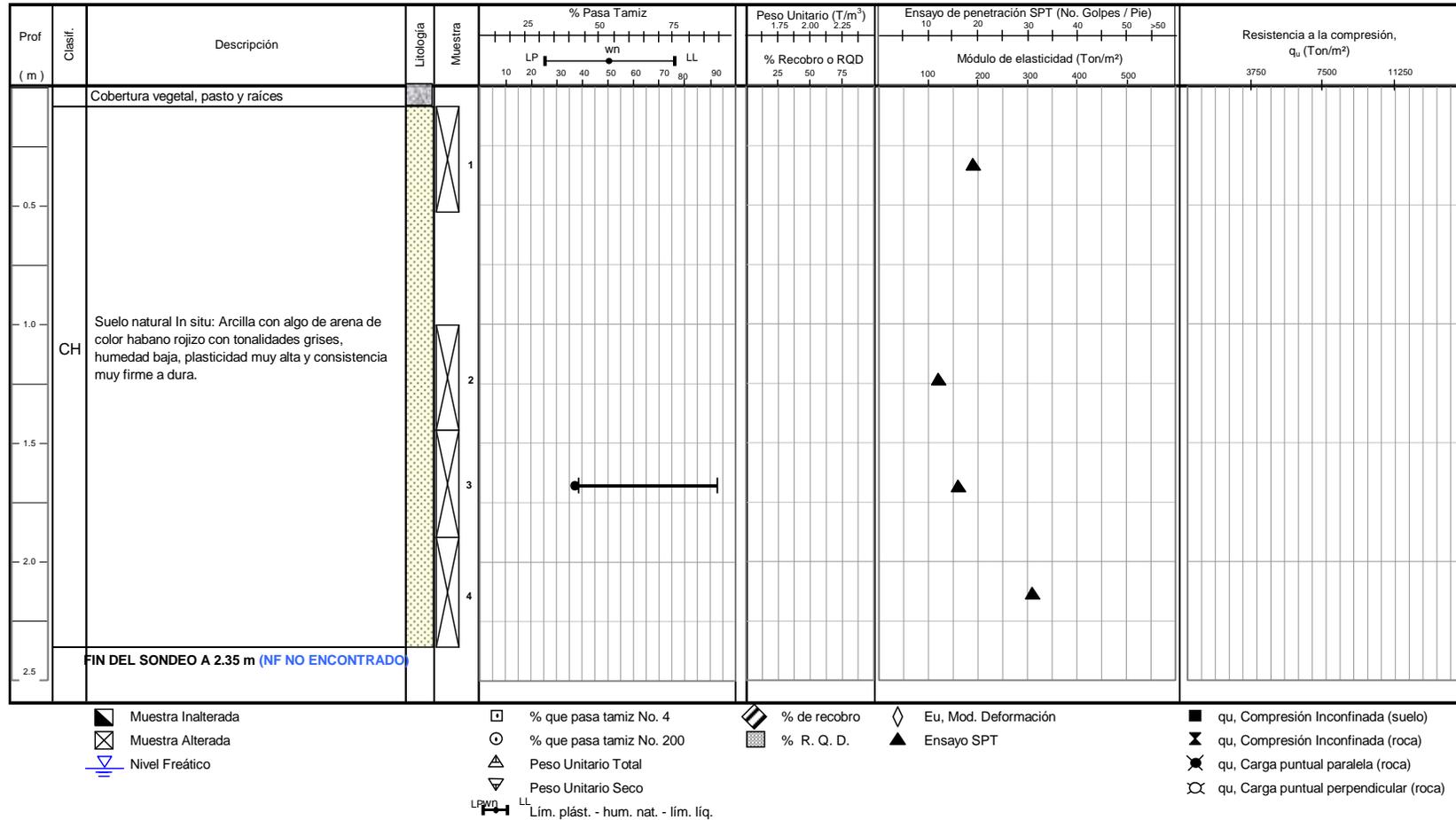


Figura 5-6 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del Sondeo S-5

Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 5 Barrio Villas del Recuerdo - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2018 DT 005

PROYECTO: ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS AFECTADOS POR EMERGENCIAS DEBIDO A LA RECIENTE TEMPORADA DE LLUVIAS

TRINCHERA No: Tr-1

LOCALIZACIÓN: SITIO 5 (Villas del Recuerdo) COSTADO DERECHO DEL TALUD 3.05m ABAJO DEL MURO EN LLANTAS

FECHA: DICIEMBRE DE 2004

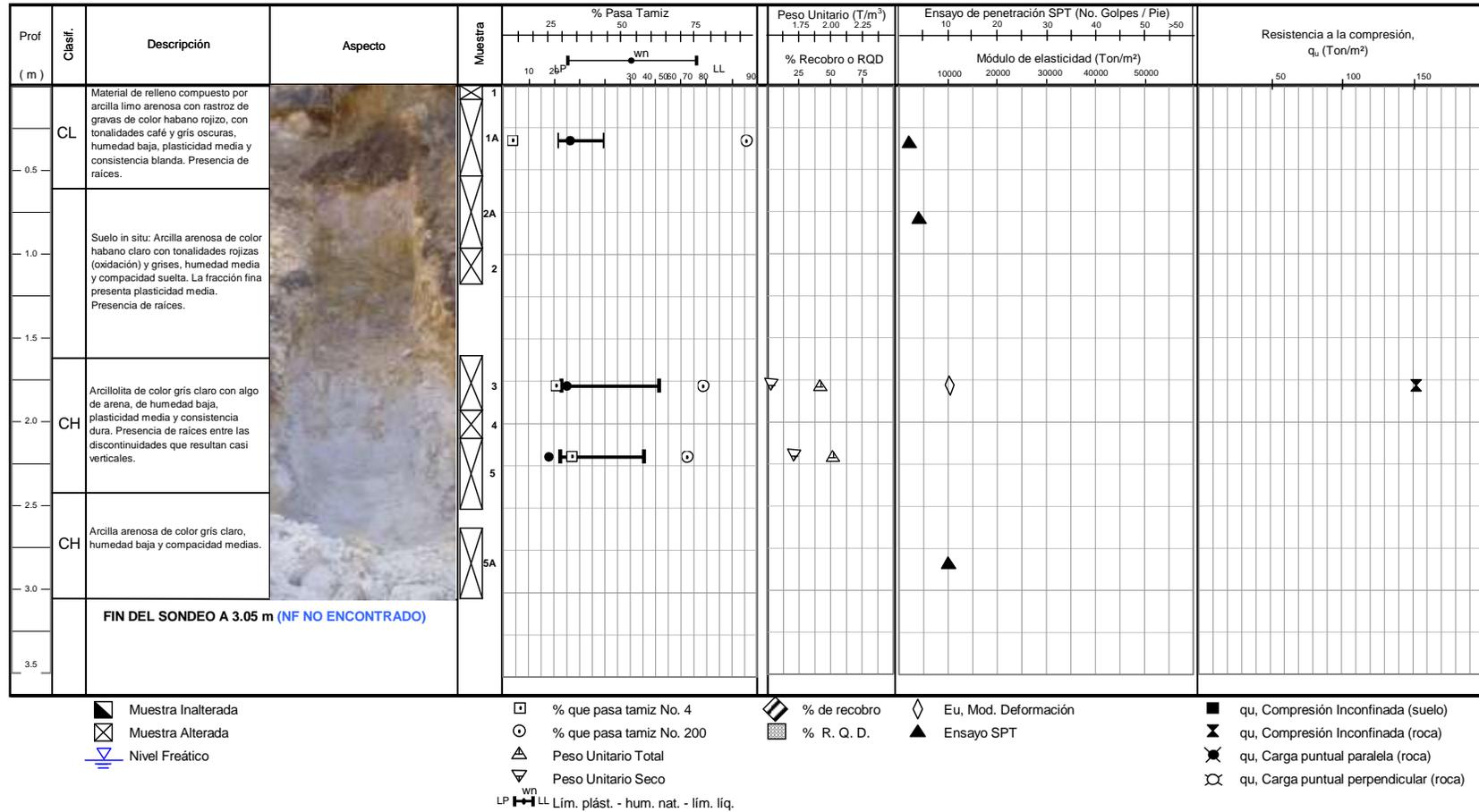


Figura 5-7 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas de la Trincher TR-1

Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 5 Barrio Villas del Recuerdo - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2018 DT 005

PROYECTO: ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS AFECTADOS POR EMERGENCIAS DEBIDO A LA RECIENTE TEMPORADA DE LLUVIAS

TRINCHERA No: Tr-2

LOCALIZACIÓN: SITIO 5 (Villas del Recuerdo) COSTADO IZQUIERDO DEL TALUD 3.2m ABAJO DEL MURO EN LLANTAS

FECHA: DICIEMBRE DE 2004

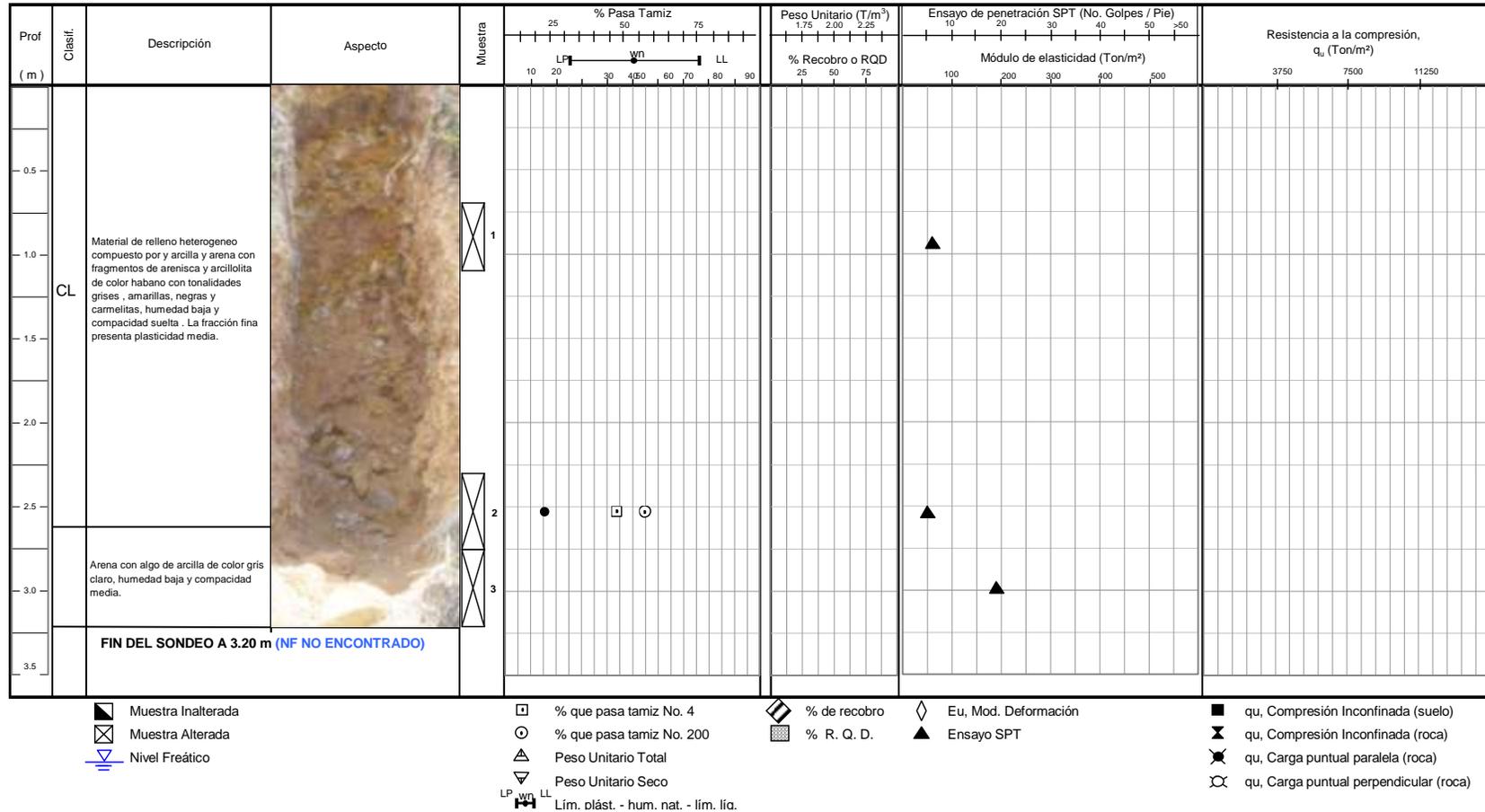


Figura 5-8 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas de la Trinchera TR-2

Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 5 Barrio Villas del Recuerdo - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2018 DT 005

PROYECTO: ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS AFECTADOS POR EMERGENCIAS DEBIDO A LA RECIENTE TEMPORADA DE LLUVIAS

SONDEO No: S-6 (Inverstigaciones Geotécnicas Ltda.)

LOCALIZACIÓN: SITIO 5 (Villas del Recuerdo) COSTADO IZQUIERDO DEL TALUD A LA IZQUIERDA DEL S-2

FECHA: DICIEMBRE DE 2004

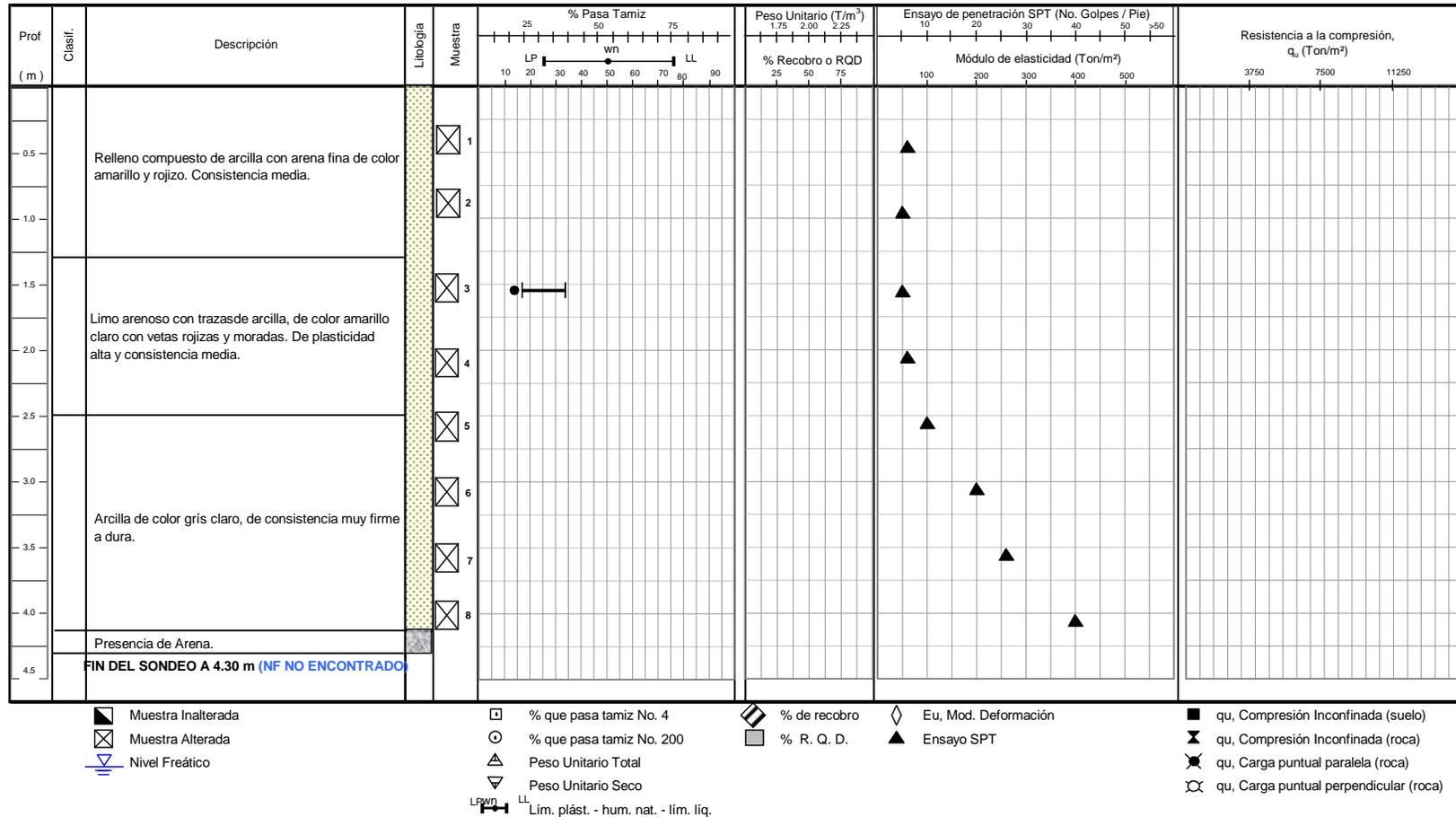


Figura 5-9 Resumen Gráfico de Propiedades Índice y Mecánicas del sondeo 6 (realizado por INVEST. GEOTÉCNICAS LTDA, 2000).

Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 5 Barrio Villas del Recuerdo - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2018 DT 005

Tabla 5-1 Resultados de pruebas de campo y ensayos de laboratorio

Nomenclatura	Tipo de exploración	Muestra					USCS	w _n (%)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	γ _t (Ton/m ³)	γ _d (Ton/m ³)	Compresión Inconfinada		N golpes/pie	Corte Directo	
		No.	Tipo	de	a	Prof. Media											q _u (Ton/m ²)	E ₅₀ (Ton/m ²)		c' _p (Ton/m ²)	φ' _p (°)
S-1	SONDEO MANUAL	1	SS	0.00	0.45	0.23															
S-1	SONDEO MANUAL	1A	SH	0.50	1.00	0.75		23.6							1.98	1.60	13.3	416	2		
S-1	SONDEO MANUAL	2	SS	1.00	1.45	1.23													3		
S-1	SONDEO MANUAL	3	SH	1.60	2.00	1.80	CL	27.4	-	21.1	78.9	46.6	19.7	26.9	1.93	1.52				1.2	26.5
S-1	SONDEO MANUAL	4	SS	2.20	2.65	2.43													12		
S-1	SONDEO MANUAL	4	SS	2.70	3.15	2.93													13		
S-1	SONDEO MANUAL	5	SS	3.15	3.60	3.38													28		
S-1	SONDEO MANUAL	6	SS	3.60	4.05	3.83	CL	15.4	0.4	44.4	55.2								32		
S-1	SONDEO MANUAL	7	SS	5.00	5.45	5.23													36		
S-2	SONDEO MANUAL	1	SH	0.20	0.70	0.45															
S-2	SONDEO MANUAL	2	SS	0.70	1.30	1.00		26.3	1.9	23.4	74.7								4		
S-2	SONDEO MANUAL	3	SH	1.60	2.20	1.90	CL	20.7				40.4	17.6	22.8	1.93	1.60	12.1	380			
S-2	SONDEO MANUAL	4	SS	2.20	2.80	2.50													5		
S-2	SONDEO MANUAL	5	SH	3.30	3.80	3.55	CL	12.2				27.9	12.2	15.7					14		
S-2	SONDEO MANUAL	6	SS	3.80	4.25	4.03													32		
S-2	SONDEO MANUAL	7	SS	4.25	4.70	4.48													40		
S-2	SONDEO MANUAL	8	SS	4.70	5.15	4.93	CL	13.1				44.6	18.2	26.4							
S-3	SONDEO MANUAL	1	SS	0.20	0.65	0.43													7		
S-3	SONDEO MANUAL	2	SH	1.00	1.30	1.15	CH	27.5				73.0	30.2	42.8	1.86	1.46				1.1	35.5
S-3	SONDEO MANUAL	3	SS	1.30	1.75	1.53													27		
S-3	SONDEO MANUAL	4	SS	1.75	2.20	1.98													53		
S-4	SONDEO MANUAL	1	SS	0.30	0.60	0.45													13		
S-4	SONDEO MANUAL	2	SS	1.00	1.45	1.23	SC	11.2	2.4	48.9	48.7	40.4	16.9	23.5					36		
S-4	SONDEO MANUAL	3	SS	1.45	1.90	1.68													50		

- **USCS:** Clasificación del material, según el Sistema de clasificación unificado
- **W_n:** Contenido de humedad.
- **G:** Porcentaje de grava
- **A:** Porcentaje de arena
- **F:** Porcentaje de finos
- **LL:** Límite líquido
- **LP:** Límite plástico
- **IP:** Índice de plasticidad

- **γ_T:** Peso unitario total.
- **γ_d:** Peso unitario seco.
- **q_u:** Resistencia a la compresión inconfinada
- **E₅₀:** Modulo de deformación
- **N:** Número de golpes por pie obtenidos en la prueba de penetración estándar, SPT
- **c'_p:** Intercepto de cohesión (pico)
- **φ'_p:** Ángulo de fricción interna (pico)

**Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 5 Barrio Villas del Recuerdo - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2018 DT 005**

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. (Continuación)

Nomenclatura	Tipo de exploración	Muestra					USCS	w _n (%)	G (%)	A (%)	F (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	γ _t (Ton/m³)	γ _d (Ton/m³)	Compresión Inconfinada		N golpes/pie	Corte Directo	
		No.	Tipo	de	a	Prof. Media											q _u (Ton/m²)	E ₅₀ (Ton/m²)		c'p (Ton/m²)	φ'p (°)
S-5	SONDEO MANUAL	1	SS	0.10	0.55	0.33												19			
S-5	SONDEO MANUAL	2	SS	1.00	1.45	1.23												12			
S-5	SONDEO MANUAL	3	SS	1.45	1.90	1.68	CH	37.4			93.0	38.8	54.2				16				
S-5	SONDEO MANUAL	4	SS	1.90	2.35	2.13											31				
S-6	SONDEO MANUAL	1	SS	0.18	0.63	0.40											6				
S-6	SONDEO MANUAL	2	SS	0.68	1.13	0.90											5				
S-6	SONDEO MANUAL	3	SS	1.33	1.78	1.55		14			34	17	17.0				5				
S-6	SONDEO MANUAL	4	SS	1.83	2.28	2.05											6				
S-6	SONDEO MANUAL	5	SS	2.43	2.88	2.65											10				
S-6	SONDEO MANUAL	6	SS	2.83	3.28	3.05											20				
S-6	SONDEO MANUAL	7	SS	3.43	3.88	3.65											26				
S-6	SONDEO MANUAL	8	SS	3.83	4.28	4.05											40				
TR-1	TRINCHERA	1	BL	0.00	0.65	0.33	CL	26.5	0.0	4.0	96.0	39.7	21.8	17.9							
TR-1	TRINCHERA	1A	SS	0.10	0.55	0.33												2			
TR-1	TRINCHERA	2	BL	0.65	1.65	1.15															
TR-1	TRINCHERA	2A	SS	0.55	1.00	0.78												4			
TR-1	TRINCHERA	3	BL	1.65	1.90	1.78	CH	25.3	0.0	21.0	79.0	61.4	23.0	38.4	1.92	1.53	152.2	10146	3.8	40.1	
TR-1	TRINCHERA	3A	SS	2.60	3.05	2.83												10			
TR-1	TRINCHERA	4	BL	1.90	2.10	2.00															
TR-1	TRINCHERA	5	BL	2.10	2.30	2.20	CH	18.1	0.0	27.4	72.6	55.4	22.5	32.9	2.02	1.71			2.8	32.5	
TR-2	TRINCHERA	1	SS	0.70	1.15	0.93												6			
TR-2	TRINCHERA	2	SS	2.30	2.75	2.53		15.6	1.0	43.9	55.1							5			
TR-2	TRINCHERA	3	SS	2.75	3.20	2.98												19			

- **USCS:** Clasificación del material, según el Sistema de clasificación unificado
- **w_n:** Contenido de humedad.
- **G:** Porcentaje de grava
- **A:** Porcentaje de arena
- **F:** Porcentaje de finos
- **LL:** Límite líquido
- **LP:** Límite plástico
- **IP:** Índice de plasticidad

- **γ_T:** Peso unitario total.
- **γ_d:** Peso unitario seco.
- **q_u:** Resistencia a la compresión inconfinada
- **E₅₀:** Modulo de deformación
- **N:** Número de golpes por pie obtenidos en la prueba de penetración estándar, SPT
- **c'p:** Intercepto de cohesión (pico)
- **φ'p:** Ángulo de fricción interna (pico)

6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

En este capítulo se relacionarán las principales propiedades geomecánicas de los suelos que se encuentran en el sitio del proyecto, y que fueron detectadas durante la exploración. Los parámetros para la caracterización de los materiales fueron extraídos de los resultados obtenidos durante la etapa de exploración y de laboratorio los cuales se presentan en la Tabla 5-1 y de las correlaciones obtenidas a partir del ensayo de SPT mostradas en la Tabla 6-1

6.1 PERFIL GEOTÉCNICO PROMEDIO

A continuación se relacionarán las principales propiedades geomecánicas de los materiales que se encuentran en el subsuelo en el sitio de estudio. En resumen se tienen los siguientes tipos de materiales:

- **Material 1:** Relleno compuesto por arcilla con arena de color habano de humedad baja, plasticidad media a alta y consistencia blanda a firme.
- **Material 2:** Arcilla y arena de color gris, humedad baja y consistencia firme a dura. La fracción fina presenta plasticidad alta a muy alta.
- **Material 3:** Arcillolita de color gris claro con arena, humedad baja, plasticidad alta y consistencia dura.
- **Material 4:** Arcilla arenosa de color gris claro, humedad baja, plasticidad alta y consistencia media.
- **Material 5:** Material de filtro conformado por gravas angulares y subangulares de humedad baja y compacidad media.

En la Figura 6-1 se presenta el perfil geotécnico de la Sección 1 – 1' que corresponde al costado derecho del talud mientras que en la Figura 6-2 se muestra el costado izquierdo (Sección 2 – 2').

6.2 PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES

A continuación se presentan las propiedades geotécnicas de los diferentes materiales encontrados hasta la profundidad de exploración.

6.2.1 MATERIAL 1

Este material es un relleno arcillo arenoso (contenido de finos entre el 55.1 y 78.9%) de color habano, humedad baja (contenido de humedad promedio, w_n de 21%), plasticidad media a alta (índice de plasticidad IP entre 15.7 y 26.9%), consistencia blanda a firme (resistencia al corte no drenada, C_u , entre 6.1 y 6.7 Ton/m² y entre 2 y 6 golpes por pie en el ensayo de penetración estándar). El peso unitario varía entre 1.93 y 1.98Ton/m³). De

acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos clasifica como CL como se presenta en la Figura 6-3.

Las propiedades asignadas al material 1, obtenidas como el promedio de los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados sobre muestras pertenecientes a este estrato, son las siguientes:

- Contenido de Humedad: 21.0 %
- Peso unitario Total: 1.95 Ton/m³
- Peso unitario Seco: 1.61 Ton/m³
- Resistencia al corte no drenada: 6.35Ton/m²
- Módulo inicial de deformación no drenado: 398 Ton/m².
- Ángulo de fricción interna: 26.5° (valor obtenido en ensayo de laboratorio de corte directo en condición saturada, ver ANEXO A) y 25.1° (obtenido por correlación de SPT, ver Tabla 6-1 y Figura 6-4).
- Intercepto de cohesión: 1.2Ton/m² (valor obtenido en ensayo de laboratorio de corte directo) y 0.01 Ton/m² (obtenido por correlación de SPT).

6.2.2 MATERIAL 2

Arcilla y arena de color gris (porcentaje de finos entre 48.7 y 55.2%), humedad baja a media (contenido de humedad, w_n entre 13.1 y 37.4%) y consistencia firme a dura (entre 12 y 40 golpes por pie en la prueba de penetración estándar). La fracción fina presenta plasticidad alta a muy alta (IP entre 23.5 y 54.2%, ver Figura 6-3). Los pesos unitarios total y seco son 1.86Ton/m³ y 1.46Ton/m³, respectivamente.

Las propiedades asignadas al material 2, son las siguientes:

- Contenido de Humedad: 27.5 %
- Peso unitario Total: 1.86 Ton/m³
- Peso unitario Seco: 1.46 Ton/m³
- Ángulo de fricción interna: 35.5° (valor obtenido en ensayo de laboratorio de corte directo en condición saturada, ver ANEXO A) y 32.7° (obtenido por correlación de SPT, ver Tabla 6-1 y Figura 6-5).
- Intercepto de cohesión: 1.1Ton/m² (valor obtenido en ensayo de laboratorio de corte directo) y 0.15 Ton/m² (obtenido por correlación de SPT).

6.2.3 MATERIAL 3

Este material es una arcillolita de color gris claro, humedad baja (w_n de 25.3%), plasticidad alta (IP de 38.4%), consistencia dura (resistencia al corte no drenada, C_u , de 76.1Ton/m² y entre 36 y 40 golpes por pie en el ensayo de penetración estándar). Los pesos unitarios total y seco son 1.92Ton/m³ y 1.53Ton/m³, respectivamente. De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos clasifica como CH como se presenta en la Figura 6-3.

Las propiedades asignadas al este material, son las siguientes:

- Contenido de Humedad: 25.3 %
- Peso unitario Total: 1.92 Ton/m³
- Peso unitario Seco: 1.53 Ton/m³
- Resistencia al corte no drenada: 76.1Ton/m²
- Módulo inicial de deformación no drenado: 10146Ton/m².
- Ángulo de fricción interna: 40.1° (valor obtenido en ensayo de laboratorio de corte directo en condición saturada, ver ANEXO A) y 35.4° (obtenido por correlación de SPT, ver Tabla 6-1 y Figura 6-6).
- Intercepto de cohesión: 3.8Ton/m² (valor obtenido en ensayo de laboratorio de corte directo) y 0.0Ton/m² (obtenido por correlación de SPT).

6.2.4 MATERIAL 4

Arcilla arenosa de color gris claro (porcentaje de finos de 72.6%), humedad baja (w_n de 18.1%), plasticidad alta (IP de 32.9%) y consistencia media (10 golpes por pie en la prueba de penetración estándar). Los pesos unitarios total y seco son 2.02Ton/m³ y 1.71Ton/m³, respectivamente. De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos clasifica como CH como se presenta en la Figura 6-3.

Las propiedades asignadas al material 4, son las siguientes:

- Contenido de Humedad: 18.1%
- Peso unitario Total: 2.02Ton/m³
- Peso unitario Seco: 1.71Ton/m³
- Ángulo de fricción interna: 32.5° (valor obtenido en ensayo de laboratorio de corte directo en condición saturada, ver ANEXO A) y 28.0° (obtenido por correlación de SPT, ver Tabla 6-1).
- Intercepto de cohesión: 2.8Ton/m² (valor obtenido en ensayo de laboratorio de corte directo) y 0.0Ton/m² (obtenido por correlación de SPT).

6.2.5 MATERIAL 5

Corresponde al material de filtro conformado por gravas angulares y subangulares de humedad baja y compacidad media (entre 12 y 13 golpes por pie en la prueba de penetración estándar).

Las propiedades asignadas a este material, son las siguientes:

- Peso unitario Total: 1.90Ton/m³ (asignado).
- Ángulo de fricción interna: 29.0° (obtenido por correlación de SPT, ver Tabla 6-1 y Figura 6-7).
- Intercepto de cohesión: 0.0Ton/m² (obtenido por correlación de SPT).
-

Figura 6-1 Perfil geotécnico – Sección 1-1'

Figura 6-2 Perfil geotécnico – Sección 2-2'

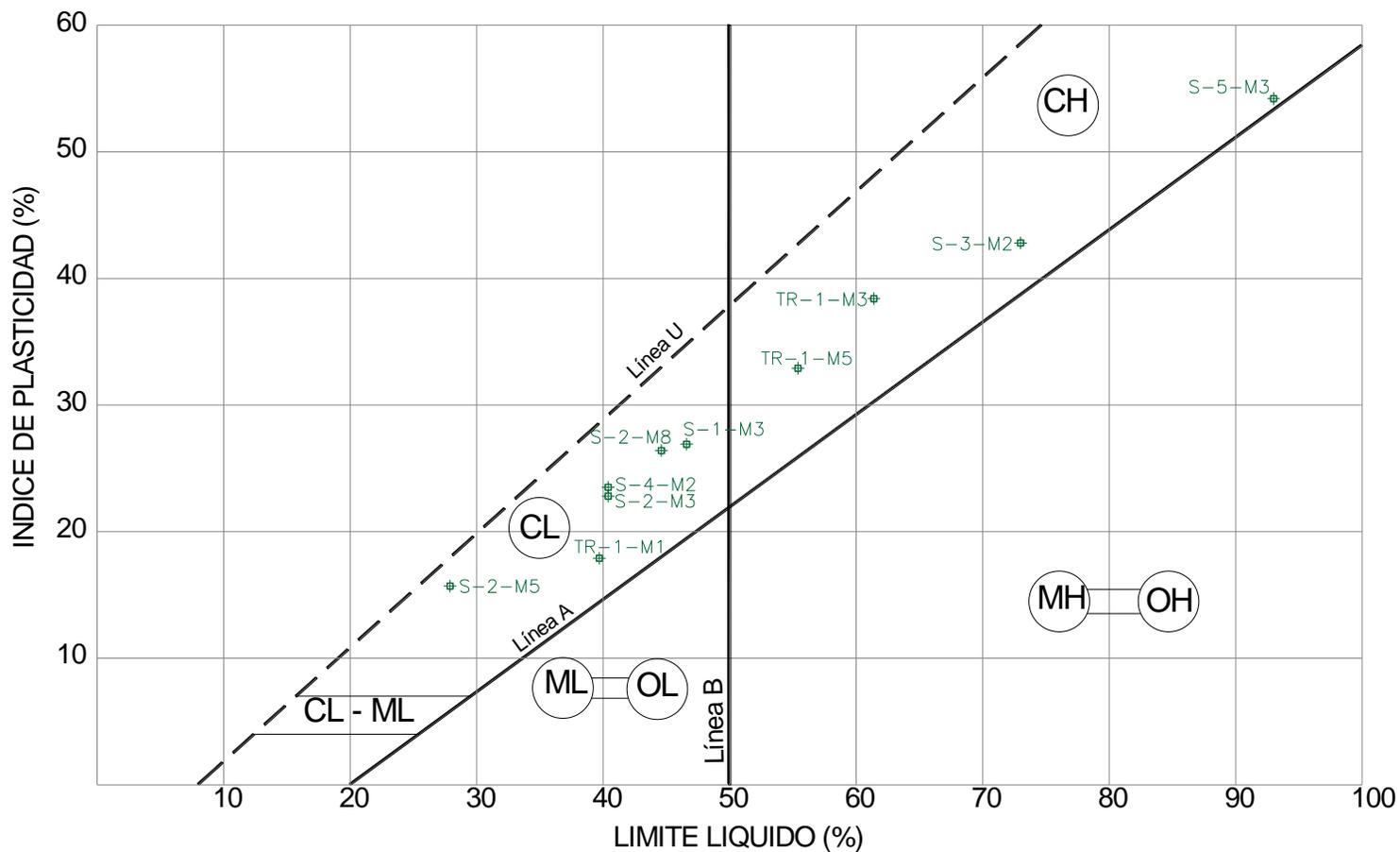


Figura 6-3 Carta de Plasticidad

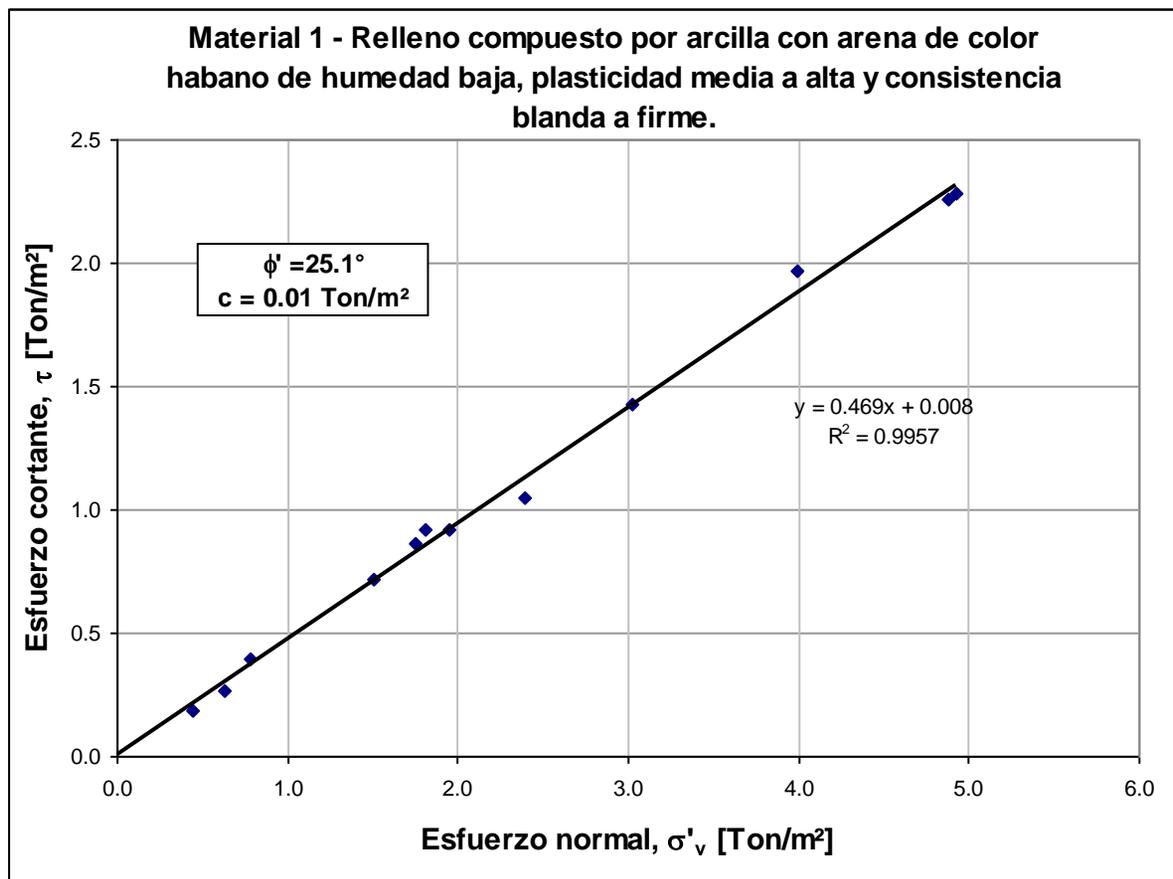


Figura 6-4 Determinación de parámetros de resistencia a partir del SPT – Material 1

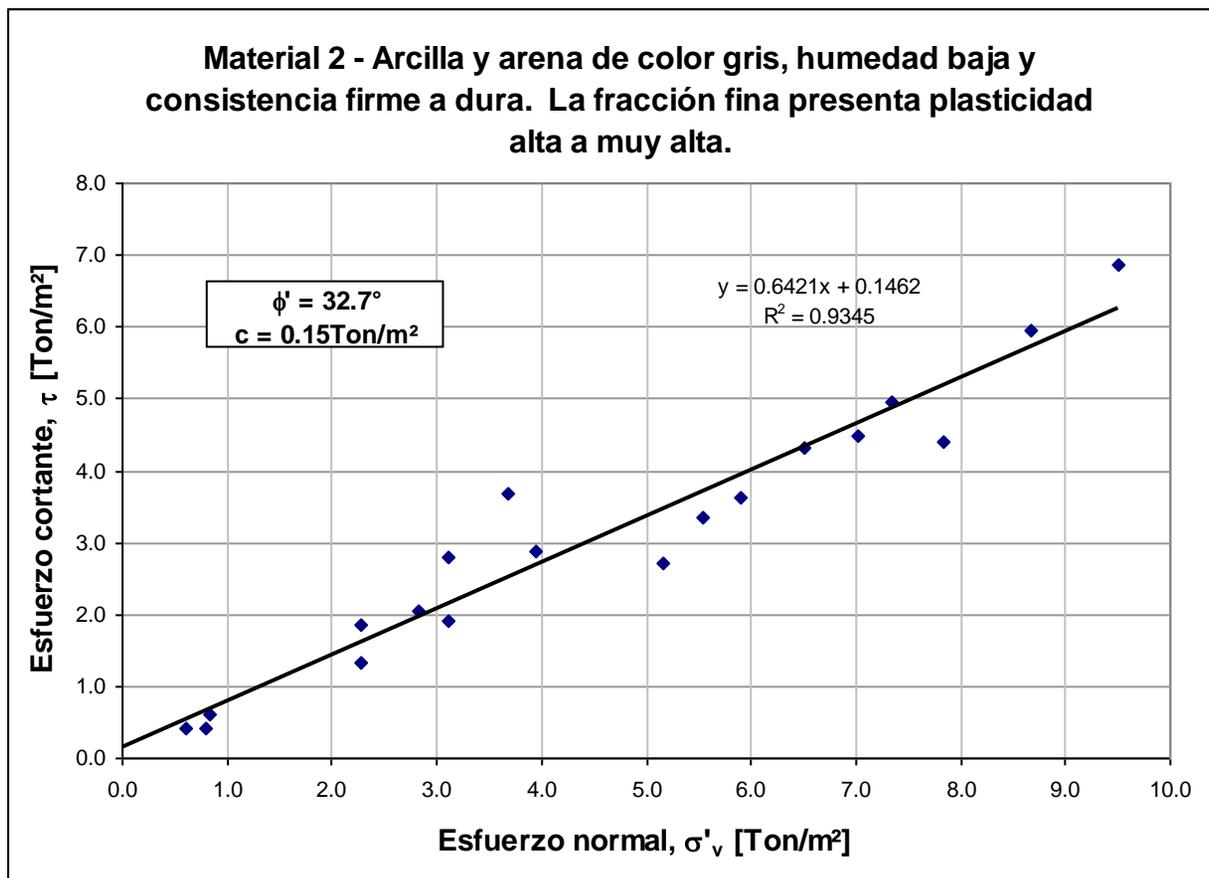


Figura 6-5 Determinación de parámetros de resistencia a partir del SPT – Material 2

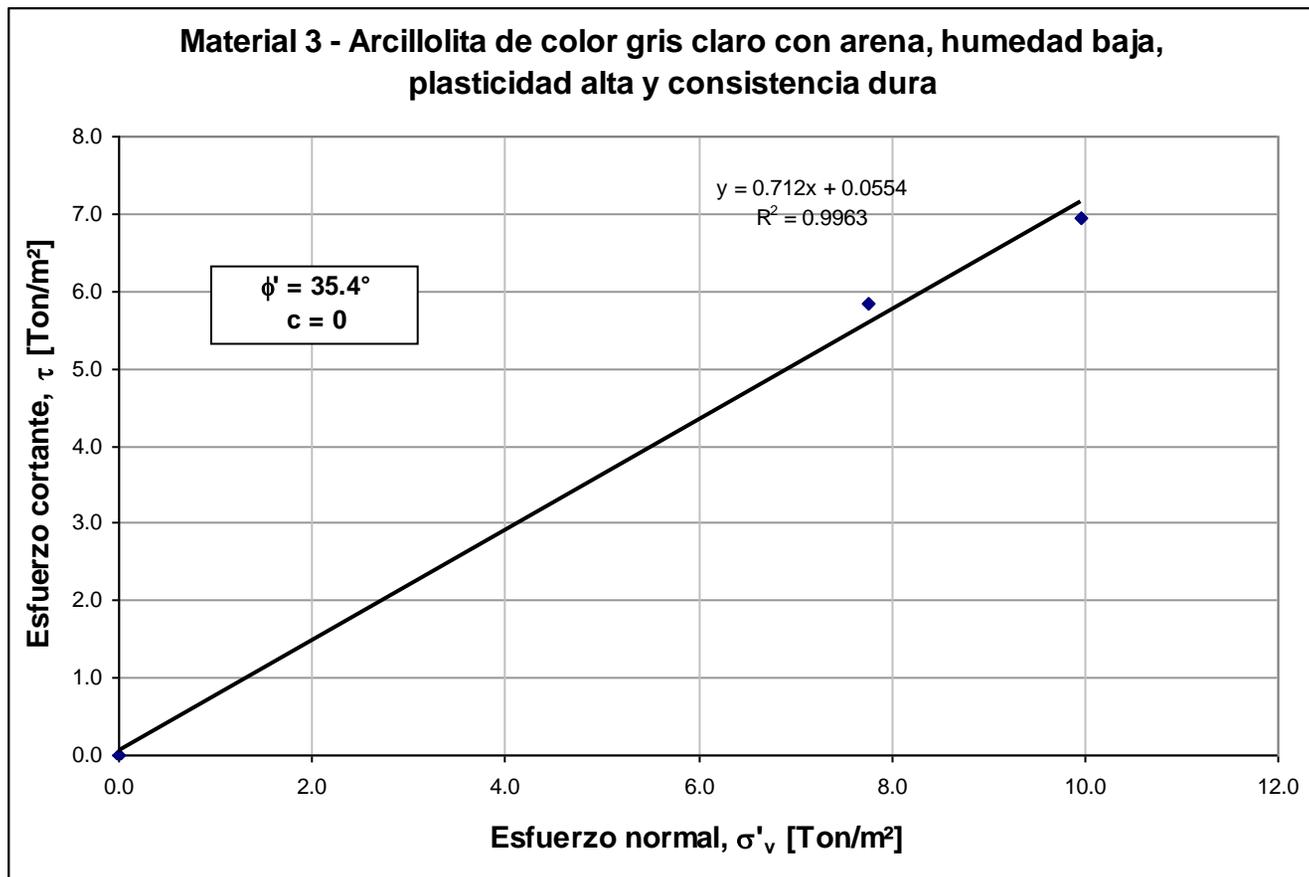


Figura 6-6 Determinación de parámetros de resistencia a partir del SPT – Material 3

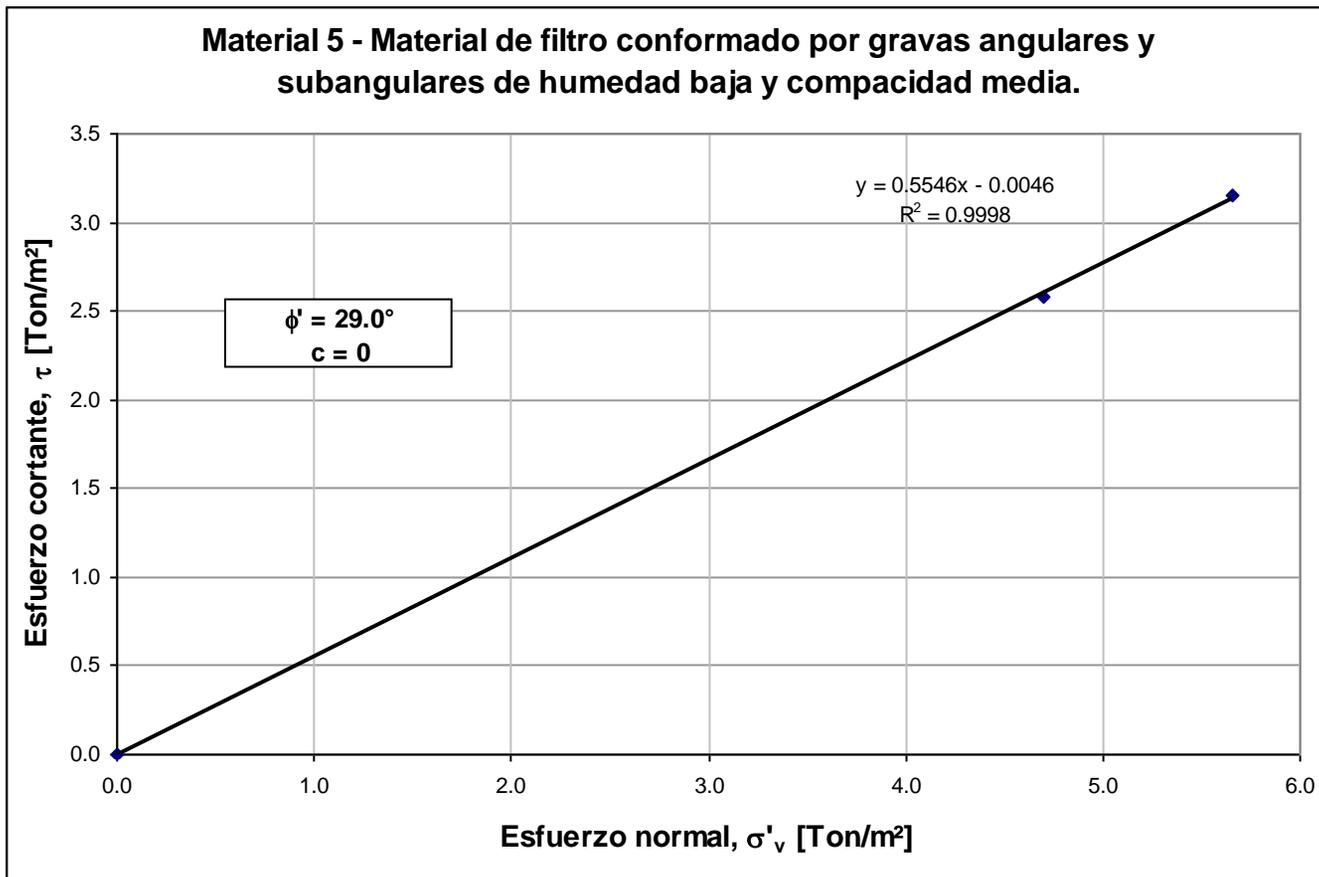


Figura 6-7 Determinación de parámetros de resistencia a partir del SPT – Material 5

Elaboración de Diseños de Obras en Sitios Afectados por Emergencia debido a la Temporada de Lluvias
Sitio 5 Barrio Villas del Recuerdo - Diagnóstico de Emergencia No. DI-2018 DT 005

Tabla 6-1 Normalización del ensayo de penetración estándar, SPT

Sondeo o Trinchera	Muestra	Profundidad (m)			golpes/pie			N ₄₅	NF	Tipo	γ	σ _v (Ton/m ²)	σ _v ' (Ton/m ²)	Rs
		de	a	media	1	2	3							
S-1	1	0.00	0.45	0.225	1	1	1	2	n.e.	1	1.95	0.44	0.44	0.04
S-1	2	1.00	1.45	1.225	2	2	1	3	n.e.	1	1.95	2.39	2.39	0.24
S-1	4	2.20	2.65	2.425	4	5	7	12	n.e.	5	1.90	4.70	4.70	0.47
S-1	4	2.70	3.15	2.925	7	5	8	13	n.e.	5	1.90	5.65	5.65	0.57
S-1	5	3.15	3.60	3.375	11	14	14	28	n.e.	2	1.86	6.50	6.50	0.65
S-1	6	3.60	4.05	3.825	11	15	17	32	n.e.	2	1.86	7.34	7.34	0.73
S-1	7	5.00	5.45	5.225	15	17	19	36	n.e.	3	1.92	9.96	9.96	1.00
S-2	2	0.70	1.30	1.000	1	2	2	4	n.e.	1	1.95	1.95	1.95	0.20
S-2	4	2.20	2.80	2.500	3	3	2	5	n.e.	1	1.95	4.88	4.88	0.49
S-2	6	3.80	4.25	4.025	7	6	8	14	n.e.	2	1.86	7.84	7.84	0.78
S-2	7	4.25	4.70	4.475	7	15	17	32	n.e.	2	1.86	8.67	8.67	0.87
S-2	8	4.70	5.15	4.925	15	18	22	40	n.e.	2	1.86	9.51	9.51	0.95
S-3	1	0.20	0.65	0.425	2	2	5	7	n.e.	2	1.86	0.79	0.79	0.08
S-3	3	1.30	1.75	1.525	8	12	15	27	n.e.	2	1.86	2.84	2.84	0.28
S-3	4	1.75	2.20	1.975	16	24	29	>50	n.e.	2	1.86	3.67	3.67	0.37
S-4	1	0.30	0.80	0.450	0	12	13	25	n.e.	2	1.86	0.84	0.84	0.08
S-4	2	1.00	1.45	1.225	15	17	19	36	n.e.	2	1.86	2.28	2.28	0.23
S-4	3	1.45	1.90	1.675	21	23	27	50	n.e.	2	1.86	3.12	3.12	0.31
S-5	1	0.10	0.55	0.325	5	8	11	19	n.e.	2	1.86	0.60	0.60	0.06
S-5	2	1.00	1.45	1.225	5	5	7	12	n.e.	2	1.86	2.28	2.28	0.23
S-5	3	1.45	1.90	1.675	7	8	8	16	n.e.	2	1.86	3.12	3.12	0.31
S-5	4	1.90	2.35	2.125	10	14	17	31	n.e.	2	1.86	3.95	3.95	0.40
TR-1	1A	0.10	0.55	0.325	0	1	1	2	n.e.	1	1.95	0.63	0.63	0.06
TR-1	2A	0.55	1.00	0.775	2	2	2	4	n.e.	1	1.95	1.51	1.51	0.15
TR-1	3A	2.60	3.05	2.825	3	4	6	10	n.e.	4	2.02	5.71	5.71	0.57
TR-2	1	0.70	1.15	0.925	2	3	3	6	n.e.	1	1.95	1.80	1.80	0.18
TR-2	2	2.30	2.75	2.525	1	2	3	5	n.e.	1	1.95	4.92	4.92	0.49
TR-2	3	2.75	3.20	2.975	5	9	10	19	n.e.	2	1.86	5.53	5.53	0.55
S-6	1	0.18	0.63	0.400				6	n.e.	1	1.95	0.78	0.78	0.08
S-6	2	0.68	1.13	0.900				5	n.e.	1	1.95	1.76	1.76	0.18
S-6	3	1.33	1.78	1.550				5	n.e.	1	1.95	3.02	3.02	0.30
S-6	4	1.83	2.28	2.050				6	n.e.	1	1.95	4.00	4.00	0.40
S-6	5	2.43	2.88	2.650				10	n.e.	2	1.86	5.15	5.15	0.52
S-6	6	2.83	3.28	3.050				20	n.e.	2	1.86	5.90	5.90	0.59
S-6	7	3.43	3.88	3.650				26	n.e.	2	1.86	7.01	7.01	0.70
S-6	8	3.83	4.28	4.050				40	n.e.	3	1.92	7.76	7.76	0.78

- N₄₅** Número de golpes para el 45% de energía del martillo (Estimado para Colombia)
- NF** Nivel freático
- σ_v** Esfuerzo vertical total
- σ_v'** Esfuerzo vertical efectivo
- Rs** Parámetro utilizado para el C_N, Rs = σ_v/p_a
- C_N** Factor de corrección por confinamiento efectivo
- η₁** Factor de corrección por energía del martillo: La energía de USA es el 60% y la de Japón el 72%
- η₂** Factor de corrección por longitud de la varilla
- η₃** Factor de corrección por revestimiento interno de tomamuestras
- η₄** Factor de corrección por diámetro de la perforación
- N_{corr}** Número de golpes corregido
- φ** Ángulo de fricción interna
- σ_v'** Esfuerzo vertical efectivo

C _N										C _N (prom)
Peck	Seed	Meyerhoff Ishihara	Liao- Whitman	Skempton	Seed- Idriss	Schmert mann	Gonzá- lez			
2.000	2.000	2.000	2.000	1.916	2.000	2.000	2.000	1.989		1.989
1.478	1.777	1.811	2.000	1.614	1.877	2.000	1.622	1.772		1.772
1.252	1.410	1.453	1.458	1.360	1.462	1.646	1.328	1.421		1.421
1.190	1.310	1.344	1.330	1.278	1.349	1.499	1.248	1.319		1.319
1.144	1.233	1.259	1.240	1.212	1.263	1.389	1.187	1.241		1.241
1.103	1.168	1.185	1.167	1.153	1.189	1.295	1.134	1.174		1.174
1.001	1.002	1.002	1.002	1.002	1.003	1.068	1.002	1.010		1.010
1.546	1.887	1.899	2.000	1.674	2.000	2.000	1.710	1.840		1.840
1.240	1.390	1.432	1.432	1.345	1.440	1.617	1.312	1.401		1.401
1.081	1.132	1.146	1.130	1.121	1.149	1.245	1.106	1.139		1.139
1.047	1.077	1.085	1.074	1.071	1.087	1.169	1.062	1.084		1.084
1.017	1.027	1.030	1.025	1.025	1.031	1.101	1.022	1.035		1.035
1.847	2.000	2.000	2.000	1.853	2.000	2.000	2.000	1.963		1.963
1.421	1.684	1.728	1.878	1.558	1.772	2.000	1.547	1.698		1.698
1.334	1.544	1.593	1.650	1.463	1.613	1.841	1.435	1.559		1.559
1.828	2.000	2.000	2.000	1.846	2.000	2.000	2.000	1.959		1.959
1.494	1.803	1.832	2.000	1.629	1.906	2.000	1.642	1.788		1.788
1.389	1.633	1.681	1.792	1.525	1.714	1.967	1.506	1.651		1.651
1.937	2.000	2.000	2.000	1.886	2.000	2.000	2.000	1.978		1.978
1.494	1.803	1.832	2.000	1.629	1.906	2.000	1.642	1.788		1.788
1.389	1.633	1.681	1.792	1.525	1.714	1.967	1.506	1.651		1.651
1.310	1.504	1.552	1.591	1.433	1.568	1.783	1.403	1.518		1.518
1.921	2.000	2.000	2.000	1.881	2.000	2.000	2.000	1.975		1.975
1.631	2.000	1.997	2.000	1.737	2.000	2.000	1.821	1.898		1.898
1.187	1.305	1.338	1.324	1.273	1.344	1.492	1.244	1.313		1.313
1.572	1.930	1.931	2.000	1.694	2.000	2.000	1.744	1.859		1.859
1.237	1.385	1.426	1.425	1.340	1.434	1.609	1.308	1.395		1.395
1.198	1.321	1.356	1.344	1.288	1.362	1.516	1.257	1.330		1.330
1.852	2.000	2.000	2.000	1.855	2.000	2.000	2.000	1.963		1.963
1.581	1.945	1.942	2.000	1.701	2.000	2.000	1.756	1.866		1.866
1.399	1.650	1.696	1.819	1.536	1.733	1.990	1.520	1.668		1.668
1.306	1.498	1.546	1.582	1.429	1.561	1.775	1.398	1.512		1.512
1.221	1.466	1.399	1.393	1.320	1.406	1.573	1.288	1.370		1.370
1.176	1.287	1.318	1.302	1.258	1.323	1.466	1.229	1.295		1.295
1.118	1.193	1.213	1.194	1.176	1.217	1.330	1.154	1.199		1.199
1.085	1.138	1.152	1.135	1.126	1.155	1.252	1.110	1.144		1.144

η ₁		η ₂	η ₃	η ₄	N _{corr}				↕ equivalente			
USA	Japón				USA	Japón	Kishida	Schmert mann	JRB	Shiou & Fukui	JNR	Prom
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	2	1	19.5	21.2	18.9	27.4	27.3	23
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	2	2	21.3	21.2	20.5	27.7	27.6	24
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	9	7	28.8	32.9	25.2	29.5	29.1	29
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	9	8	27.6	32.9	26.0	29.9	29.4	29
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	19	16	32.9	39.8	30.5	32.8	31.8	34
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	21	17	33.4	40.8	31.0	33.1	32.1	34
0.75	0.63	0.85	1.00	1.00	23	19	34.5	41.6	31.9	33.8	32.7	35
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	4	3	22.7	26.1	21.7	28.1	27.9	25
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	3	3	22.7	24.0	21.7	28.1	27.9	25
0.75	0.63	0.85	1.00	1.00	10	8	27.6	33.8	26.0	29.9	29.4	29
0.75	0.63	0.85	1.00	1.00	22	18	34.0	41.2	31.4	33.5	32.4	34
0.75	0.63	0.85	1.00	1.00	26	21	35.5	42.8	32.7	34.6	33.3	36
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	7	6	26.0	30.7	24.5	29.2	28.8	28
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	25	21	35.5	42.4	32.7	34.6	33.3	36
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	50	50	46.6	49.2	42.4	45.0	42.0	45
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	27	22	36.0	43.2	33.2	34.9	33.6	36
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	36	30	39.5	46.0	36.2	37.8	36.0	39
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	46	38	42.6	48.4	38.9	40.7	38.4	42
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	21	17	33.4	40.8	31.0	33.1	32.1	34
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	12	10	29.1	35.5	27.2	30.6	30.0	30
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	14	12	30.5	36.9	28.4	31.3	30.6	32
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	26	22	36.0	42.8	33.2	34.9	33.6	36
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	2	1	19.5	21.2	18.9	27.4	27.3	23
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	4	3	22.7	26.1	21.7	28.1	27.9	25
0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	7	6	26.0	30.7	24.5	29.2	28.8	28
0.75												

7 ANÁLISIS GEOTÉCNICOS

Con las secciones geotécnicas establecidas a partir de los levantamientos topográficos, la caracterización geológica, la exploración del subsuelo y los ensayos de laboratorio se revisó la condición actual de estabilidad de la estructura existente mediante análisis de equilibrio límite, encontrando valores del factor de seguridad entre 1.38 y 1.09 sin considerar agua y entre 0.97 y 1.08 cuando se considera saturado el de relleno del muro.

Los síntomas de inestabilidad observados en campo y los anteriores factores de seguridad evidencian la necesidad de adoptar medidas para incrementar la condición de estabilidad de la ladera.

Considerando que los terrenos ubicados en la parte superior del muro no se encuentran habitados, por lo cual conformar el talud es más económico y resulta más conveniente que la rigidización o reemplazo de la estructura de contención existente.

Para reconformar el talud se evaluaron tres geometrías compuestas por una terraza inferior que permite incrementar la estabilidad en proximidades de las viviendas y un talud final hasta alcanzar la superficie del terreno actual. Las geometrías analizadas fueron:

Alternativa 1: Terraza inferior con talud 1V:2H, altura 2.5 m y ancho de berma de 1.5 m; talud final 1V:1H con altura del orden de 8.5 m.

Alternativa 2: Terraza inferior con talud 1V:2H, altura 2.5 m y ancho de berma de 1.5 m; talud final 1V:1.25H con altura máxima del orden de 11.3 m.

Alternativa 3: Terraza inferior con talud 1V:2H, altura 2.5 m y ancho de berma de 1.5 m; talud final 1V:2H con altura máxima del orden de 13.4 m.

Para cada una de estas alternativas se evaluó la estabilidad en condición estática y bajo la ocurrencia de movimientos sísmicos fuertes. Adicionalmente, se evaluó la estabilidad considerando la degradación de las propiedades mecánicas de los materiales del suelo. Los factores de seguridad obtenidos para estas condiciones son:

Tipo de análisis	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Sin Sismo	1.41	1.48	1.85
Con Sismo Ah = 0.30g	0.95	0.97	1.13
Con Sismo Ah = 0.24g	1.04	1.06	1.25
Con Sismo Ah = 0.20g	1.11	1.13	1.35
Sin Sismo - Parámetros Residuales	1.04	1.15	1.36

En el ANEXO B se presentan las gráficas de resultados del programa PCSTABLE donde se puede apreciar las condiciones de análisis y la forma de las más probables superficies de deslizamiento.

Con base en los resultados anteriores, se observa que la alternativa 2 es la más conveniente desde el punto de vista económico y de estabilidad.

El tender el talud conlleva la necesidad de modificar los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias y residuales existentes, por lo cual se propone la reconfiguración del terreno mediante una terraza inferior (talud 1V:2H, altura 2.5 m y ancho de berma de 1.5 m) y terrazas con taludes 1V:1.25H y bermas de 1 m de ancho donde se ubican los nuevos pozos.

Para evitar la erosión producida por el agua de escorrentía y el deterioro de los materiales expuesto por el corte, se considera necesario implementar canales para la recolección del agua de escorrentía y la protección de la superficie final del terreno mediante empedrado de la misma.

8 PARÁMETROS SÍSMICOS DE DISEÑO

De acuerdo con la “Microzonificación Sísmica de Santa Fé de Bogotá”, el muro se localiza en la Zona 1 que corresponden a la Zona de Cerros. Para efectos de evaluar estabilidad de los taludes se recomienda emplear una aceleración horizontal máxima de $A_{Hmax} = 0.24g$.

9 MEDIDAS RECOMENDADAS

Para incrementar la estabilidad del talud se recomienda la conformación del terreno mediante el siguiente sistema de terrazas:

- Una terraza inferior con talud 1V:2H, altura 2.5 m y ancho de berma de 1.5 m.
- Terrazas intermedias con talud 1V:1.25H, alturas entre 4 y 5 m y ancho de berma de 1.0 m.
- Talud final con inclinación de 1V:1.25H y altura variable hasta cortar la superficie del terreno actual.

Para el control de las aguas de escorrentía se debe implantar cunetas revestidas en concreto en la parte superior del talud de corte y en el costado interno de cada una de las bermas.

Estas cunetas serán de sección triangular, con 0.30 m de ancho y 0.10m de profundidad y pendiente longitudinal de 0.1%, pendientes.

A fin de reducir la infiltración, el arrastre de materiales y la degradación de las propiedades mecánicas de los materiales la superficie final de corte se debe empedrar.

Las excavaciones se iniciar en la parte alta del talud y finalizar en la parte baja, en cercanías de las viviendas existentes.

Las excavaciones deben realizarse con equipos y procedimientos que minimicen la alteración y remoldeo de los materiales de los taludes.

En el costado occidental del talud, si en el momento de realizar las excavaciones se aprecia que los cimientos de las viviendas aledañas quedan sobre el nivel del corte proyectado estos deberán prolongarse al menos 0.7 m por debajo del nuevo nivel de corte del terreno, conservando las mismas dimensiones de los cimientos existentes. Todos estos trabajos se deben realizar en el menor tiempo posible y con equipos, personal y procedimientos constructivos que garanticen la estabilidad y conservación de las viviendas.

Para la reconstrucción del acueducto se propone realizar la excavación del costado oriental hasta proximidades de las actuales redes de alcantarillado, luego se debe construir los nuevos pozos, a continuación realizar los empalmes con la red existente y finalmente completar la excavación en el costado sur incluyendo el retiro de las redes actuales.

El FOPAE debe coordinar con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá la adecuación de las redes de acueducto y alcantarillado.

Para la construcción de las escaleras de tránsito por la zona de las obras es necesaria la reconfiguración previa del terreno de fundación empleando material tipo B-400, de modo que sea posible inicialmente fundir la mitad de las losas escalón de por medio y una vez fraguadas las primeras fundir el resto. Lo anterior con el fin de permitir la independencia de desplazamiento cada uno de los pasos.

Las obras propuestas se realizarán en predios actualmente no habitados que de acuerdo con las consultas realizadas en el Departamento Distrital de Catastro y el Departamento de Plantación Distrital de la ciudad pertenecen a la señora Carmen de Pardo.

En la oficina del Departamento de Plantación Distrital se consultó la plancha RU 5/4 -16 correspondiente al barrio Villas del Recuerdo en la Localidad de Rafael Uribe Uribe, según la cual con el oficio No. 3433 del 3-11-99 del Departamento de Prevención y Atención de Emergencias DEPAE la zona donde se proyectan las medidas se clasificada como de amenaza alta ante fenómenos de remoción en masa.

Adicionalmente se observó que en dicho plano no aparecen las viviendas aledañas al costado oriental del actual muro de contención, mientras se muestran un predio adicional en el costado occidental y otro en la parte alta de la zona actualmente deshabitada.

En el ANEXO E se presenta el plano Obras Recomendadas donde se presentan las medidas propuestas para incrementar la estabilidad de la zona. En el ANEXO D se incluyen las especificaciones técnicas de construcción.

En el ANEXO C se presentan el cronograma de ejecución, cantidades de obra y presupuesto de las medidas recomendadas. En el presupuesto de medidas correctivas no se incluye el costo de adquisición de los predios.

10 LIMITACIONES

Los resultados, conclusiones y recomendaciones fueron obtenidos a partir de la información recopilada y de los resultados de los sondeos manuales, trincheras y ensayos de laboratorio ejecutados para la elaboración de este informe.

Debido al carácter puntual de la exploración, y a la variabilidad del subsuelo, en caso de encontrarse condiciones del subsuelo diferentes a las descritas en este informe durante el proceso de construcción del muro, se deberá avisar al ingeniero geotecnista para realizar las modificaciones que sean necesarias.

11 BIBLIOGRAFÍA

- AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (1998), “Normas Colombianas de diseño y construcción sismo resistente”.
- INGEOMINAS. “Microzonificación Sísmica de Santa Fé de Bogotá” (1997)
- BOWLES, J.E., (1997), “Foundation analysis and design”. Mc Graw Hill International Editions, fifth edition. Singapore.
- DAS B., (2001), “Principios de ingeniería de cimentaciones”. International Thomson Editores, cuarta edición. Mexico, 2001.
- HUNT. R.(1986) “Geotechnical Engineering Techniques and Practices” Mac Graw Hill, Primera edición, USA 1986.

**ANEXO A
RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO**

**ANEXO B
MEMORIAS DE CÁLCULO**

**ANEXO C
CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO**

**ANEXO D
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN**

**ANEXO E
PLANOS**