



**Secretaría  
GOBIERNO**

**ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, D.C .**

**FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - FOPAE**

**ESTUDIO GEOTÉCNICO Y PLANTEAMIENTO DE LAS OBRAS  
CORRECTIVAS EN EL BARRIO LA RESURRECCIÓN – UNIDAD  
RESIDENCIAL SANTA SOFÍA SUR**

**CONTRATO No. CONS-391/02**

**INFORME FINAL**

**CIVILES LTDA**  
INGENIEROS CONSULTORES

**BOGOTÁ, D.C., DICIEMBRE DE 2002**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.</b>	<b><u>GENERALIDADES</u></b>	<b>2</b>
1.1.	<u>ANTECEDENTES</u>	2
1.2.	<u>DELIMITACIÓN GEOMÉTRICA DEL ÁREA DE ESTUDIO</u>	3
1.3.	<u>ALCANCE DEL ESTUDIO</u>	3
1.4.	<u>DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS</u>	5
1.4.1.	<u>Recopilación de información previa, clasificación y análisis</u>	5
1.4.2.	<u>Levantamiento topográfico</u>	5
1.4.3.	<u>Estudio Geológico y Geomorfológico</u>	5
1.4.4.	<u>Estudio geotécnico</u>	5
1.4.1.1	<u>Exploración y Caracterización del Subsuelo</u>	5
1.4.1.2	<u>Evaluación de Estabilidad</u>	6
1.4.5.	<u>Planteamiento de Obras Correctivas</u>	6
<b>2.</b>	<b><u>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</u></b>	<b>7</b>
2.1.	<u>LOCALIZACIÓN CARTOGRÁFICA DEL ÁREA</u>	7
2.2.	<u>PUNTOS TOPOGRÁFICOS</u>	8
2.3.	<u>EQUIPO</u>	8
2.4.	<u>METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</u>	8
2.4.1.	<u>Levantamiento Topográfico - Zona Abierta</u>	9
2.4.2.	<u>Levantamiento Topográfico de la Zona de Construcciones y Detalles:</u>	9
2.4.3.	<u>Colección de la información de campo</u>	9
2.4.4.	<u>Trabajo de Oficina</u>	9
<b>3.</b>	<b><u>ESTUDIO GEOLÓGICO</u></b>	<b>11</b>
3.1.	<u>GEOLOGÍA REGIONAL</u>	11
3.1.1.	<u>Litoestratigrafía</u>	11
3.1.1.1.	<u>Formación Usme</u>	11
3.1.1.2.	<u>Formación Arenisca de La Regadera</u>	12
3.1.2.	<u>Estructuras Geológicas</u>	13
3.2.	<u>GEOLOGÍA LOCAL</u>	13
3.2.1.	<u>Litologías</u>	13
3.2.1.1.	<u>Rellenos Antrópicos</u>	13
3.2.1.2.	<u>Formación Usme</u>	14
3.3.	<u>GEOMORFOLOGÍA DEL SECTOR</u>	14

<b>4.</b>	<b><u>ESTUDIO GEOTÉCNICO</u></b> .....	16
4.1.	<u>INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO</u> .....	17
4.1.1.	<u>Exploración</u> .....	17
4.1.2.	<u>Ensayos In-situ y de laboratorio</u> .....	17
4.1.3.	<u>Perfil de Suelo</u> .....	21
4.2.	<u>ANÁLISIS GEOTÉCNICO</u> .....	22
4.2.1.	<u>Evaluación de Estabilidad</u> .....	22
4.3.	<u>CONCLUSIONES DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO</u> .....	25
4.3.1.	<u>Consideraciones sobre la Estabilidad y Deformaciones de la Cimentación</u> .....	25
4.3.2.	<u>Hundimientos en la Zona de Parquaderos y Áreas Comunes</u> .....	26
4.3.3.	<u>Reptamiento en la Zona de Ladera Sur</u> .....	26
4.3.4.	<u>Fallamiento Superficial del Terreno</u> .....	27
<b>5.</b>	<b><u>EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL ESTADO ACTUAL DE LAS EDIFICACIONES</u></b> .....	28
5.1.	<u>DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES</u> .....	28
5.2.	<u>DAÑOS OBSERVADOS</u> .....	28
5.2.1.	<u>BLOQUE 1</u> .....	29
5.2.2.	<u>BLOQUE 2</u> .....	32
5.2.3.	<u>BLOQUE 3</u> .....	34
5.2.4.	<u>BLOQUE 4</u> .....	37
5.2.5.	<u>BLOQUE 5</u> .....	40
5.2.6.	<u>BLOQUE 6</u> .....	40
5.2.7.	<u>BLOQUE 7</u> .....	41
5.3.	<u>CONTROL DE VERTICALIDAD DE LOS BLOQUES</u> .....	41
5.4.	<u>DIAGNOSTICO</u> .....	43
5.4.1.	<u>Zona de Arranque de la Escalera en el Primer Piso</u> .....	43
5.4.2.	<u>Junta de Dilatación de las Zonas de Llegada y Arranque de la Escalera</u> .....	44
5.4.3.	<u>Fisuras en las Vigas Gualderas</u> .....	44
5.4.4.	<u>Pasos Prefabricados de las Escaleras</u> .....	45
5.5.	<u>OBSERVACIÓN GENERAL DE LAS TORRES</u> .....	46
<b>6.</b>	<b><u>PLANTEAMIENTO DE OBRAS CORRECTIVAS</u></b> .....	47
6.1.	<u>CONFINAMIENTO DE CIMENTACIÓN – BLOQUE 4</u> .....	47
6.2.	<u>RECOMENDACIONES ESTRUCTURALES</u> .....	49
6.3.	<u>ZONA DE ADOQUINADOS</u> .....	50
6.4.	<u>MANEJO DE CAPTACIÓN DE AGUAS</u> .....	52
6.5.	<u>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</u> .....	52
6.6.	<u>PLAN DE MONITOREO</u> .....	53
<b>7.</b>	<b><u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u></b> .....	54
<b>8.</b>	<b><u>REFERENCIAS</u></b> .....	56

## **INFORME EJECUTIVO**

En este documento se presentan los resultados del “ESTUDIO GEOTÉCNICO Y PLANTEAMIENTO DE LAS OBRAS CORRECTIVAS EN EL BARRIO LA RESURRECCIÓN – UNIDAD RESIDENCIAL SANTA SOFÍA SUR”, en el marco del contrato de consultoría No. CONS-391/02, celebrado entre el FOPAE y Civiles Ltda.

El área de estudio hace parte de los Cerros Orientales de Bogotá al sur de la ciudad, en la Localidad de Rafael Uribe Uribe, y se encuentra localizada específicamente en la Unidad Residencial Santa Sofía Sur Primera Etapa, en la Calle 42 Sur No. 12-55.

La unidad Residencial está compuesta por siete bloques de seis pisos, cada bloque constituido por dos edificios en mampostería estructural conectados por una escalera en la parte central, dos estructuras de 2 pisos correspondientes al Jardín Infantil y Salón Comunal, zonas verdes, así como zonas de circulación y dos zonas de parqueaderos en adoquinado, éstas últimas separadas por un muro de contención en concreto. Adicionalmente, según informaciones de la comunidad existe un tanque de almacenamiento, que no pudo ser localizado en planos, pero que se presume se encuentra bajo una de las zonas de parqueo.

La unidad residencial se encuentra ubicada sobre un terreno cuya topografía presenta en general una inclinación moderada hacia el occidente, con una zona verde ubicada sobre una ladera de aproximadamente 15 m de altura y cobn inclinación moderada en la zona sur del proyecto.

En el sector específico se han venido evidenciando una serie de procesos y patologías, de acuerdo a lo reportado por los habitantes de la zona y según se consigna en los diagnósticos técnicos DI-1526 y DI-1578, emitidos por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE).

Desde el punto de vista de la ingeniería geotécnica, se identificaron una serie de procesos, correspondientes a separaciones diferenciales entre bloques, específicamente entre los Bloques 3 y 4 de la unidad residencial, típicas de un fenómeno de asentamientos diferenciales. Igualmente en la zona de parqueaderos y zonas comunes de la urbanización, se presentan una serie de hundimientos en el adoquín, mientras que en la zona de verde que se encuentra sobre la ladera, en

la zona sur de la unidad residencial, se presenta un movimiento superficial de reptamiento del material de relleno, sobre el suelo natural. Adicionalmente, al momento del estudio se encontró una zona adyacente al Bloque 4 de la unidad residencial, en la cual fue posible observar un fallamiento superficial del terreno que coincide aparentemente, con una tubería de aguas lluvias.

Desde el punto de vista de la ingeniería estructural, se han venido evidenciando algunas patologías relacionadas principalmente con daños en las zonas de escaleras de conexión entre edificios, específicamente en las zonas de arranque de las escaleras en los primeros pisos y aberturas en las dilataciones de estas zonas y las de llegada en pisos superiores, así como fisuras en las vigas gualderas y fisuras transversales en los pasos prefabricados que conforman las escaleras.

Considerando los aspectos mencionados, con el presente estudios se pretende realizar una caracterización geotécnica del sector, identificando los agentes detonantes y contribuyentes como información básica para formular recomendaciones para la estabilización de toda la zona.

Para alcanzar los objetivos propuestos, se realizaron una serie de actividades de campo, previa recopilación y análisis de información secundaria, entre las cuales se encuentra el levantamiento topográfico, el estudio geológico, la exploración geotécnica y el inventario de daños en el sector. Del levantamiento topográfico se obtuvo la correspondiente base cartográfica a escala 1:500, con curvas de nivel cada 0.5 m.

Considerando la cartografía geológica existente y la información producto del estudio fotogeológico, se obtuvieron los correspondientes mapas geológicos regional y local, así como los cortes geológicos. Considerando las fotografías aéreas y la inspección de campo respectiva, se identificaron las formas generales del relieve y se obtuvo el mapa geomorfológico a nivel local. En la zona de estudio afloran las Formaciones Usme, Arenisca de la Regadera y Formación Bogotá. En el sector específico de estudio, se encuentran litologías correspondientes a estratos de la Formación Usme y a rellenos antrópicos.

El estudio geotécnico se dividió en dos etapas; la primera de ellas correspondiente a la exploración geotécnica y la segunda a la evaluación geotécnica, estableciendo las propiedades de los materiales desde el punto de vista mecánico y realizando los análisis generales de estabilidad para las secciones típicas determinadas para la zona, con base en métodos simplificados.

En la etapa de exploración del subsuelo, se ejecutaron tres apiques-sondeo llevados hasta una profundidad máxima de 5.0m, así como dos sondeos a 6.0 m de profundidad. Finalmente y con el objeto fundamental de determinar las

características del suelo de fundación en las zonas más afectadas, se ejecutaron dos apiques a 2.0 m de profundidad. En todos los casos los sondeos se ejecutaron con barreno de accionamiento manual y recuperación de muestras. Estas se sometieron a ensayos de clasificación y resistencia, con el fin de caracterizar los materiales constitutivos del subsuelo.

Durante la etapa exploración del subsuelo, se identificó un perfil de suelo caracterizado por la presencia de un material de relleno de naturaleza variable y de espesores hasta de 2.0 m en la zona de ladera, parqueo y áreas comunes, presentando una mayor humedad en la zona de parqueos. Bajo este material se encuentra un estrato de suelo residual de arcillolitas grises con algunas intercalaciones de arena de la Formación Usme con un espesor entre 5.0 y 7.0 m. En ninguna de las exploraciones se detectó el nivel freático. De acuerdo a los resultados de los ensayos de laboratorio, los materiales encontrados en la zona corresponden a arcillas de baja plasticidad, con un bajo potencial de expansión, valores de resistencia a la compresión confinada del orden de 62 ton/m<sup>2</sup>, baja compresibilidad con valores del índice de compresión (Cc) del orden de 0.016 y del ensayo de corte directo se encuentra que los valores mínimos de cohesión y ángulo de fricción para el material arcilloso, son del orden de 0.27 kg/cm<sup>2</sup> y 23°

Reuniendo los datos topográficos, geológicos, geomorfológicos y la caracterización geotécnica se realizaron los análisis generales de estabilidad para las secciones típicas determinadas para la ladera, con base en métodos simplificados y para taludes particulares usando el programa PCSTABLE5, considerando condiciones extremas de lluvia-sismo, y los métodos de Hoek y Bray (1981) para fallas de taludes en roca. Para fines de análisis se utilizaron los parámetros geotécnicos que se muestran en la siguiente tabla:

MATERIAL	c	$\phi$	$\gamma_t$	$\gamma_d$
	kg/cm <sup>2</sup>	(grados)	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )
Relleno	0,10	20	2,0	2,0
Suelo Residual	0,27	23	2,2	2,2
Arcillolita	0,5	40	2,4	2,4

Tabla 1. Parámetros Geomecánicos de Análisis

En todos los casos estudiados los factores de seguridad mínimos obtenidos, en el caso de las combinaciones de sismo -lluvia para las dos secciones analizadas, fueron mayores a 1.4.

Desde el punto de vista geotécnico, y teniendo en cuenta los resultados de la exploración y caracterización del subsuelo, así como los resultados de la evaluación de estabilidad de la zona, se tienen las siguientes conclusiones:

- Las separaciones diferenciales entre los bloques, son típicas de un fenómeno de asentamientos diferenciales, que en el caso de los Bloques 3 y 4 son evidentes, probablemente debido al mayor desconfinamiento lateral de la fundación de los edificios que componen el Bloque 4 en el extremo sur que limita con la ladera, zona en la cual, la distancia al quiebre de pendiente desde la fundación se encuentra entre 2.0 m y 3.0 m. Como es lógico suponer, debido a la rigidez del sistema estructural de los edificios, una diferencia en la capacidad de soporte o en la compresibilidad del terreno de un sector a otro del Conjunto Residencial, se manifiesta principalmente en las uniones o dilataciones entre un bloque y otro. En este caso, aunque los análisis indican que no existe un fenómeno de inestabilidad de ladera (por análisis de equilibrio límite), es factible suponer que cuando se aplican cargas de magnitud similar en diferentes puntos del lote, la más alta susceptibilidad a presentar las mayores deformaciones se presenta en la zona más cercana a la ladera. Es probable que este comportamiento no uniforme de la cimentación entre los Bloques 3 y 4 se haya detonado, o se haya agravado, debido a filtraciones de agua, provenientes de tuberías que han perdido su funcionalidad, aspecto que se describe más adelante. Para los demás bloques se considera que los asentamientos son normales.
- En la zona de parqueaderos se encontró como material de fundación un relleno arcilloso, en estado suelto, con una humedad alta y de 2.0 m de espesor aproximado, razón por la cual se presume pueden estar presentándose hundimientos continuos en el adoquín.
- En cuanto al reptamiento de la ladera sur, mediante la exploración del subsuelo, se determinó que en esta zona se encuentra un relleno en ladera compuesto por materiales de baja compacidad y de naturaleza variada, como escombros de construcción, basuras y arcillas limosas, sobre el suelo natural descrito en párrafos anteriores. Se considera que este movimiento es de tipo superficial y de acuerdo a la evaluación de estabilidad se presume no involucra el material subyacente.
- De acuerdo a las observaciones realizadas en el fallamiento superficial adyacente al Bloque 4 y teniendo en cuenta que al momento del estudio fue posible observar una tubería aparentemente de aguas lluvias coincidente con la zona fallada, se presume pueden existir fugas en el sector que pueden estar causando el fenómeno descrito.

Desde el punto de vista de la ingeniería estructural, previo análisis de la información consultada y considerando la inspección realizada en la zona de estudio, se puede concluir que las patologías encontradas en las zonas de escaleras, son debidas principalmente a defectos constructivos, de esta forma, las fisuras encontradas en la zona de arranque de las escaleras en el primer piso son debidas a la ausencia de juntas de dilatación en estas zonas, mientras que en algunos sitios las juntas no tienen elementos llenantes, lo cual puede generar un inadecuado comportamiento de estas. En cuanto a las fisuras en las vigas gualderas y pasos prefabricados de escaleras, se puede establecer en el primer caso que estas fisuras no fueron generadas por sobreesfuerzos, sino que aparentemente corresponden a deficiencias constructivas del prefabricado, mientras que en el caso de los pasos prefabricados, las patologías se deben fundamentalmente a la ausencia de dilatación entre estos y las vigas gualderas. En cuanto al estado general de las torres construidas en mampostería estructural, se observa que se ha presentado asentamientos del terreno, sin embargo, estos asentamientos a la fecha no han comprometido la integridad estructural de las torres.

Considerando el diagnóstico estructural y geotécnico realizado, se recomienda para el tratamiento de los problemas identificados en la zona, en primer lugar para el caso del basculamiento del Bloque 4, la instalación de una serie de pilotes en toda la franja adyacente a los edificios de este bloque, en la zona adyacente a la ladera del extremo sur. Adicionalmente, se proponen una serie de medidas correctivas para corregir los defectos constructivos menores identificados mediante la evaluación estructural de las escaleras de conexión, entre las cuales se encuentran la conformación de juntas de dilatación y sellado de fisuras.

Para el caso de las zonas de adoquinado con hundimientos, se recomienda la reconfiguración del material en estos sitios, utilizando el adoquín existente y reemplazando un espesor del material existente, mediante la estructura que se describe en el Informe Final.

Se considera de gran importancia una inspección detallada de todas las redes de acueducto, alcantarillado yaguas lluvias existentes en la unidad residencial. Esta inspección deberá ser realizada prontamente ya que de presentarse infiltraciones en la zona puede comprometer a futuro la estabilidad, fundamentalmente en la zona de ladera.

Se recomienda realizar un monitoreo periódico del comportamiento estructural de los edificios, así como de los asentamientos diferenciales.



## **LISTADO DE ANEXOS**

- ANEXO 1. Planos
- ANEXO 2. Topografía – Carteras de Campo – Certificación IGAC
- ANEXO 3. Información Secundaria
- ANEXO 4. Registros de Exploración
- ANEXO 5. Perfiles Estratigráficos
- ANEXO 6. Resultados de Laboratorio
- ANEXO 7. Resultados del Análisis de Estabilidad Actual

## **LISTADO DE FIGURAS**

- Figura 1.1. Esquema de Localización General del Área de Estudio.
- Figura 4.1. Esquema de Localización de Apiques y Sondeos.
- Figura 4.2. Carta de Plasticidad.
- Figura 5.1. Localización de Puntos de Control y Tendencia de Desplazamientos.
- Figura 6.1. Localización de Obras – Confinamiento de la Cimentación Bloque 4.
- Figura 6.2. Esquema de Estructura de Pavimento – Zona de Adoquinados

## **LISTADO DE TABLAS**

Tabla 4.1. Cuadro Resumen de Resultados de Laboratorio.

Tabla 4.2 Perfil Promedio

Tabla 4.3. Parámetros Geomecánicos de Análisis

Tabla 4.4. Resultados del Análisis de Estabilidad – Sección XX

Tabla 4.5. Resultados del Análisis de Estabilidad – Sección XY

Tabla 5.1. Localización de Puntos de Control y Tendencia de Desplazamientos.

Tabla 6.1. Presupuesto Aproximado para la construcción de pilotes

Tabla 6.2. Estructura de Pavimento Recomendada – Zona de Adoquines

## **INTRODUCCIÓN**

En el presente documento se consigna el Informe Final de las actividades correspondientes al " ESTUDIO GEOTÉCNICO Y PLANTEAMIENTO DE LAS OBRAS CORRECTIVAS EN EL BARRIO LA RESURRECCIÓN – UNIDAD RESIDENCIAL SANTA SOFÍA SUR", en la Localidad Rafael Uribe, en Bogotá, D.C., en el marco del contrato de consultoría No. CONS-391/02, celebrado entre el FOPAE y Civiles Ltda.

El área de estudio hace parte de los Cerros Orientales de Bogotá al sur de la ciudad, y se encuentra localizada específicamente en la Unidad Residencial Santa Sofía Sur Primera Etapa, en la Calle 42 Sur No. 12-55.

La unidad residencial está compuesta por una serie de bloques de apartamentos conectados por escaleras, zonas verdes y zonas de circulación en adoquinado.

En el sector específico de estudio, se han venido presentando una serie de patologías, evidenciadas principalmente en separaciones diferenciales de dos de los edificios, daños en las escaleras de conexión entre bloques de apartamentos, hundimientos constantes de las zonas adoquinadas y el fallamiento superficial del terreno en una de las zonas verdes del conjunto residencial. Con el fin de determinar las posibles causas de los fenómenos descritos se emprendió el presente estudio, cuyo objetivo principal es entonces, caracterizar la zona desde el punto de vista geotécnico e identificar los diferentes procesos de inestabilidad y mecanismos de falla que se puedan presentar en el sector, así como sus agentes detonantes y contribuyentes, para finalmente formular las recomendaciones respectivas para la estabilización de toda la zona.

Para alcanzar los objetivos propuestos, y luego de la correspondiente recopilación y el análisis de la información secundaria, se ejecutaron una serie de actividades de campo como son, el levantamiento topográfico, geológico, exploración geotécnica e inventario de daños en el sector. Con la información recopilada en las actividades anteriores se realizó la correspondiente evaluación geotécnica, estableciendo las propiedades de los materiales desde el punto de vista mecánico y realizando los análisis generales de estabilidad para las secciones típicas

determinadas para la zona, con base en métodos simplificados. Desde el punto de vista de la ingeniería estructural se realizó la evaluación respectiva de las estructuras existentes y el diagnóstico de las situaciones observadas. Finalmente, se plantearon las obras y recomendaciones respectivas para el tratamiento de todos los fenómenos identificados en el desarrollo del estudio.

En el Capítulo 1 del presente informe se resumen los antecedentes del proyecto, así como la localización del área de estudio, el alcance y las actividades realizadas en el desarrollo del estudio.

En el Capítulo 2 se presenta la metodología y aspectos más relevantes del Levantamiento topográfico, mientras que en el Capítulo 3 se presentan los resultados del Estudio Geológico adelantado.

Los resultados de la investigación del subsuelo, así como del análisis geotécnico son presentados en el Capítulo 4, mientras que la evaluación estructural realizada se presenta en el Capítulo 5.

Finalmente, en los Capítulos 6 y 7, se presentan las obras y recomendaciones respectivas.

En los ANEXOS, se presentan los planos obtenidos del estudio, así como las carteras de topográficas, los perfiles estratigráficos obtenidos de la exploración del subsuelo, los resultados completos de los ensayos de laboratorio realizados, los resultados de los análisis de estabilidad y el informe de los daños observados en la zona.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. ANTECEDENTES

La Unidad Residencial Santa Sofía Sur Primera Etapa, construida hace 7 años por la Constructora San Juan, está compuesta por siete bloques de apartamentos, cada bloque constituido por dos edificios de seis pisos en mampostería estructural conectados por escaleras, dos edificios de dos pisos correspondientes al Salón Comunal y Jardín Infantil, así como una serie de zonas verdes y áreas comunes en adoquín. La unidad residencial se encuentra ubicada sobre un terreno cuya topografía presenta en general una inclinación moderada hacia el occidente, con una zona verde ubicada sobre una ladera de aproximadamente 15 m de altura y con inclinación moderada en la zona sur del proyecto, que limita con el Bloque No. 4 y el Jardín Infantil. En el Plano 1 del Anexo 1, se puede observar la distribución exacta de las zonas mencionadas.

En julio y agosto de 2002, la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE) en respuesta a las solicitudes de la comunidad, realizó unas visitas a la zona emitiendo los diagnósticos técnicos DI -1526 y DI -1578. De acuerdo a los documentos mencionados y a la información proporcionada por los habitantes de la urbanización, durante el año anterior, se observó una separación diferencial de los Bloques 3 y 4, separación que aumentó, según la comunidad, durante los dos meses anteriores a la fecha de las visitas técnicas de la DPAE. De acuerdo a la información suministrada por INGECIENCIAS S.A.<sup>1</sup>, firma que realizó el estudio de suelos, las estructuras poseen un sistema de cimentación superficial compuesto por zapatas corridas o por ciclópeo con viga de amarre en algunos casos.

Adicionalmente, en las zonas de escaleras, se ha venido presentando una serie de daños relacionados principalmente con fisuras transversales en los pasos prefabricados que conforman las escaleras y en el primer piso que coinciden con las zonas de arranque de estas.

---

<sup>1</sup> **INGECIENCIAS S.A. (1994)**. Estudio de Suelos. Proyecto Santa Sofía. Carrera 12 Sur Transv 13 F / Diagonal 42 C Sur

En el sector de estudio se han venido presentando desde su construcción, de acuerdo a lo expresado por los habitantes, frecuentes hundimientos en las zonas adoquinadas de parqueaderos y áreas de circulación, que han tenido que ser reparadas en varias ocasiones. Igualmente, en años anteriores se presentó una socavación de un sector de andén frente al acceso de la urbanización que tuvo que ser rellenado. Así mismo, al momento del estudio se pudo observar una socavación de una de las zonas verdes en el costado oriental del Bloque 4 y que según los habitantes del sector, ocurrió de manera intempestiva.

De acuerdo a la información suministrada por los funcionarios de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, en la Zona 4, correspondiente a la Localidad Rafael Uribe Uribe y específicamente en el sector de estudio, se han presentado una serie de reportes de fugas no visibles que no han podido ser detectadas. En este sentido, en los informes técnicos de la DPAE mencionados, se hace referencia a estas fugas de acuerdo a informaciones de los habitantes del sector, y se menciona la necesidad de estudiar el manejo de aguas subsuperficiales.

## **1.2. DELIMITACIÓN GEOMÉTRICA DEL ÁREA DE ESTUDIO**

El área de estudio corresponde a los límites de la Unidad Residencial Santa Sofía Sur Primera Etapa, localizada al sur-orientado de la Ciudad de Bogotá, específicamente en la Calle 42 Sur No. 12-55. En la Figura 1.1, se puede observar la localización general del Área de Estudio.

## **1.3. ALCANCE DEL ESTUDIO**

Con el estudio se pretende realizar una caracterización geotécnica del sector, identificando los agentes detonantes y contribuyentes como información básica para formular recomendaciones para la estabilización de toda la zona.



Figura 1.1. Esquema de Localización General del Área de Estudio.

## **1.4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS**

Para alcanzar los objetivos propuestos en los términos de referencia se realizaron las siguientes actividades:

### **1.4.1. Recopilación de información previa, clasificación y análisis**

Se consultaron las entidades distritales a fin de adquirir información de las redes de servicios públicos existentes en la zona. Igualmente, se consultaron los estudios de suelos realizados en el sector específico de estudio por la firma INGECIENCIAS S.A. (1994). Se consultaron fotografías aéreas a escala 1: 18000 (Año 1952) y 1:20.000 (Año 1995), así como planchas a escala 1:2000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

### **1.4.2. Levantamiento topográfico**

Se efectuó un levantamiento topográfico detallado de la zona de estudio, y el levantamiento de tres secciones topográficas para análisis. La cartografía desarrollada, a escala 1:500, con curvas de nivel cada 0.5 m, sirvió como base cartográfica para las demás actividades ejecutadas en el desarrollo del estudio.

### **1.4.3. Estudio Geológico y Geomorfológico**

Considerando la cartografía geológica existente y la información producto del estudio fotogeológico, se obtuvieron los correspondientes mapas geológicos regional y local, así como los cortes geológicos. Considerando las fotografías aéreas y la inspección de campo respectiva, se identificaron las formas generales del relieve. Se obtuvo el mapa geomorfológico a nivel local.

### **1.4.4. Estudio geotécnico**

El estudio se dividió en dos etapas; la primera de ellas consistió en la identificación y caracterización de los materiales presentes en el sitio y la segunda en la correspondiente evaluación de estabilidad de la zona de estudio.

#### **1.4.1.1 Exploración y Caracterización del Subsuelo**

Se adelantó la campaña de exploración del subsuelo, consistente en la ejecución de tres apiques a 2.0 m de profundidad. En estos puntos se continuó hasta 5.0 m



de profundidad mediante barreno de accionamiento manual y con recuperación de muestras inalteradas, esto con el fin de determinar el espesor y características del material subyacente, así como la geometría de las capas del subsuelo. Posteriormente y con base en la información recopilada previamente, se ejecutaron dos perforaciones a 6.0 m de profundidad con barreno de accionamiento manual y recuperación de muestras. Finalmente y con el objeto fundamental de determinar las características del suelo de fundación en las zonas más afectadas, se ejecutaron dos apiques a 2.0 m de profundidad.

Las muestras recuperadas durante la exploración se sometieron a ensayos de clasificación y resistencia, con el fin de caracterizar los materiales constitutivos del subsuelo.

#### 1.4.1.2 Evaluación de Estabilidad

Luego de efectuarse las actividades de topografía y exploración del subsuelo, así como los correspondientes estudios geológico y geomorfológico, se realizó un análisis de estabilidad general para la ladera seleccionada como típica, mediante métodos simplificados y para taludes particulares usando el programa PCSTABLE y los métodos de Hoek y Bray (1981) para fallas de taludes en roca.

#### **1.4.5. Planteamiento de Obras Correctivas**

Luego de efectuados todos los análisis y considerando toda la información acopiada durante el estudio, se procedió a plantear las diferentes obras correctivas que buscan en primera instancia recuperar y reparar las edificaciones y la infraestructura afectada, y en segunda instancia, mejorar las condiciones del entorno físico y ambiental que favorecen la ocurrencia de los fenómenos observados.

## 2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

A continuación se presentan los aspectos más relevantes del levantamiento topográfico adelantado como parte del estudio. El objetivo fundamental de este levantamiento es el poder representar en este, todos los aspectos geológicos y geotécnicos, necesarios para elaborar modelos que permitan comprender los procesos que se están presentando en la zona del proyecto. Adicionalmente, el trabajo de topografía permite establecer aspectos como la localización de las edificaciones involucradas en la zona de estudio, la identificación del tipo de viviendas encontradas y localización de los daños en cada una de ellas, la definición del grado de inclinación que presentan actualmente las edificaciones, identificación y localización de las zonas que presenten deformaciones en el suelo, la localización todas las líneas de conducción y la localización de vías y accidentes topográficos, entre otros aspectos.

### 2.1. LOCALIZACIÓN CARTOGRÁFICA DEL ÁREA

El área se localiza en un cuadrángulo que tiene como coordenadas planas las que se describen a continuación:

N: 96450.000 m E: 96300.000 m en el extremo suroccidental

N: 96600.000 m E: 96450.000 m en el extremo nororiental

En la zona de estudio se tienen elevaciones entre 2620 y 2650 m.s.n.m., y un área de 1 Ha aproximadamente.

Los datos están referenciados a las coordenadas cartesianas con origen en el punto con coordenadas geográficas 04° 41' 00.00" de Latitud Norte y 74° 09' 00.00" de Longitud Oeste de Greenwich a la cual se le asignaron las coordenadas planas 109320.965 metros al Norte y 92334.879 metros al Este respectivamente.

Datum: Observatorio Astronómico de Bogotá con el plano de proyección de 2550.000 m.s.n.m.

## 2.2. PUNTOS TOPOGRÁFICOS

Se tomó como punto de partida la placa topográfica **CD757** que se localiza en la parte más alta del Barrio Las Lomas cerca del paradero de buses, a unos 10 m al Sur del Monumento a la Virgen y a unos 5 m al Este de la Torre de alta tensión. Esta placa posee coordenadas planas N: 96846.215 y E: 96540.950 m, y una elevación calculada por el IGAC de 2687.923 m.s.n.m. sobre el plano de referencia de 2550.000 m.s.n.m. Adicionalmente posee vista total a la Torre de la Iglesia de Monserrate localizada a una distancia de 7227.350 m y con un Azimut Plano Norte al Este de  $54^{\circ} 39' 16.486''$ . En el ANEXO 2 se presenta la copia de la certificación IGAC correspondiente, así como las carteras de campo.

## 2.3. EQUIPO

El levantamiento se realizó con una Estación Total Nikon DTM-410 de precisión angular al segundo y con alcances de lectura con prisma sencillo de 1800 m de distancia en longitud, con capacidad para almacenar hasta 2000 puntos topográficos, con lectura vertical cenital y el acompañamiento de dos prismas para la lectura de los puntos.

## 2.4. METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico se realizó a partir de los puntos topográficos mencionados anteriormente, tomando como azimut verdadero la dirección de la placa **CD575** con vista a la **Torre de Monserrate**, y mediante una poligonal abierta, se trasladaron las coordenadas y la elevación a los diferentes puntos fáciles de acceder para tomar la información correspondiente.

Se establecieron puntos de referencia, que corresponden a tres puntillas clavadas en la cancha múltiple ubicada frente de la Unidad Residencial Santa Sofía Sur, Etapa 1, identificadas con las letras R1, R2 y R3. R1 se localiza en la esquina Norte de la cancha, R2 en la esquina alterna de la primera y R3 en la diagonal formada por la cancha desde la esquina Norte hasta la mitad de la cancha en el costado Sur, existe vista entre ellas, su ubicación se refleja en el plano y sus coordenadas se muestran a continuación:

Referencia 1 : N: 96585.321 m. E: 96388.327 m. Z: 2636.337 m.

Referencia 2 : N: 96577.323 m. E: 96379.244 m. Z: 2636.342 m.

Referencia 2 : N: 99556.860 m. E: 96389.075 m. Z: 2636.513 m.

El levantamiento topográfico se realizó en dos etapas, tal y como se describe a continuación.

#### **2.4.1. Levantamiento Topográfico - Zona Abierta**

Toma de información únicamente del área despejada con secciones transversales colocando los prismas en los cambios de pendiente hasta obtener un cubrimiento total del área de estudio, los intervalos entre las secciones varían entre 1m. y 4m. de distancia según las condiciones del terreno.

#### **2.4.2. Levantamiento Topográfico de la Zona de Construcciones y Detalles:**

Toma de información de los puntos topográficos de infraestructura como son paramentos, andenes, construcciones, postes, pozos, cercas, entre otros aspectos.

Para la colección de datos de campo se optó por consignar a diario y a veces dos veces por día la información tomada en la estación total mediante un colector de datos serial RS-232 y el programa de computadora Transit Vrsn. 2.11 propio de los fabricantes de la estación total.

Este procedimiento tuvo una duración de 2 días y se tomaron 690 puntos.

#### **2.4.3. Colección de la información de campo**

Para la colección de datos de campo se optó por consignar la información tomada en la estación total, mediante un colector de datos serial **RS-232** y el programa de computadora Transit Vrsn. 2.11 propio de los fabricantes de la estación total.

#### **2.4.4. Trabajo de Oficina**

El trabajo consistió en georreferenciar los puntos topográficos tomados en campo mediante el programa Transit Vrsn. 2.11.

El error de cierre de la poligonal topográfica realizada es de 1:38500.00, los puntos de esta poligonal también sirvieron como puntos de la poligonal para la toma de datos.

El procesamiento cartográfico del levantamiento se ejecutó empleando el módulo Surface Modeling del Programa de computadora EaglePoint Vrsn. 14.1, bajo un modelo de interpolación dirigida con un modelo en las tres dimensiones, lo que representó definir y respetar las barreras físicas actuales, condicionando la interpretación a éstas, sin permitir el desempeño del programa a su libre esquema de triangulación. En este sentido jugaron un papel importante las secciones transversales.

Como resultado de la actividad anterior, se definió la salida gráfica del Plano Topográfico a escala 1: 500 con curvas de nivel cada 0.5 m, con el propósito de visualizar las curvas de nivel.

El proceso así desarrollado puede entenderse como una conceptualización de un submodelo para un SIG, ya que primero se elaboraron las diferentes capas de información y posteriormente se hizo la interpolación. De esta manera entonces, se seleccionaron los postes de alumbrado y los pozos de inspección y demás amoblamiento urbano, se delinearon las vías y se delimitaron los taludes. Para una mejor aplicación del programa se procesaron parcialmente en tres dimensiones los diferentes elementos topográficos levantados, lo cual dio como resultado la no generación de errores y una mayor precisión y calibración para los límites y contornos. Con base en lo anterior y para terminar la generación del mapa base, se realizó la integración e interpretación final de todo el conjunto. EL plano obtenido del levantamiento topográfico se presenta en el Plano 1 del Anexo 1.

### 3. ESTUDIO GEOLÓGICO

A continuación se presenta una descripción de las características geológicas del área de estudio, desde el punto de vista regional y local. En el ANEXO 1, se presentan los planos correspondientes.

#### 3.1. GEOLOGÍA REGIONAL.

El área donde fue construida la Unidad Residencial hace parte de los Cerros Orientales de la Sabana de Bogotá. Allí afloran rocas sedimentarias de edad Terciaria Superior y se presentan estructuras geológicas de plegamiento. En el Plano 2 del ANEXO 1, se presenta el Plano Geológico Regional basado en el *Mapa Geológico del Extremo Sur de la Sabana de Bogotá* elaborado por Julivert (1963). La descripción que se hace a continuación se basa en la información consignada en el Estudio de Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá realizado por INGEOMINAS (1997), la cartografía geológica de Julivert (1963) y el estudio de INGEOCIM Ltda. (1998).

##### 3.1.1. Litoestratigrafía.

La construcción fue cimentada, en la ladera occidental de una terminación montañosa de orientación con tendencia S – N. En este sector afloran las Formaciones Usme, Arenisca de la Regadera y Formación Bogotá. La Unidad Residencial está cimentada sobre estratos de la Formación Usme ( M. Julivert, 1963). Las principales características de las Formaciones se exponen a continuación.

##### 3.1.1.1. Formación Usme

Compuesta por lutitas de color gris claro en bancos delgados (5-10cm), intercaladas con areniscas blancas, cuarcíticas de grano muy fino, bien cementadas, también en bancos de 5-10cm de espesor. Sobre la secuencia

anterior descansan en bancos gruesos (3m) areniscas muy blancas en grano fino, cuarcíticas bien cementadas los interbancos son lutitas gris oscuras, duras, quizá con algo de sílice y escama de peces y foraminíferos.

La parte superior de la formación está caracterizada por la presencia de areniscas de grano medio a fino, localmente conglomerática, lodolitas, limolitas y arcillolitas con algunas intercalaciones arenosas menores y con lentes carbonosos. Hay restos de vegetales en las lodolitas.

La formación Usme yace directamente sobre la Formación Regadera y aún puede serlo sobre la formación Bogotá, debido a que el contacto es discordante.

Estratos de esta Formación están expuestos en el sector. La secuencia está en posición normal y se encuentra constituida por arcillolitas caoliníticas, de color gris claro con algunas manchas locales de óxidos de hierro; arcillolitas arenosas, de composición caolín y cuarzo respectivamente; además se presentan estratos de arenisca cuarzosa y cuarzo feldespática, algunos de ellos con contenido importante de arcilla. Poseen susceptibilidad a la erosión concentrada.

#### 3.1.1.2. Formación Arenisca de La Regadera

La formación consta de areniscas cuarzofeldespáticas, poco consolidadas, de color gris claro a blanco, de grano frecuentemente grueso, con algunas capas lenticulares de conglomerados finos y matriz arcillosa.

El conjunto inferior de la Formación (Teri) se presenta en bancos de arenisca con estratificación cruzada y espesores entre 0.5 y 15 m. Las areniscas alternan con arcillolitas de color gris claro a rosadas y hasta rojizas que no sobrepasan los espesores de 0.3 m. Este conjunto aflora ampliamente en el sector Uribe Uribe donde forma la Serranía Juan Rey-Guacamayas y en el flanco occidental del sinclinal de Usme (Tunjuelito). En el conjunto superior de la Formación (Ters) predominan las arcillolitas y afloran ampliamente en la localidad de Uribe Uribe en el Cerro de Guacamayas a partir de la carrera décima hacia el occidente.

Está infrayaciendo a la Formación Usme. Esta constituida por estratos gruesos y medios de arenisca cuarzosa y cuarzo feldespática, de grano medio y grueso; cemento arcilloso; presentan estratificación cruzada: Están intercaladas con frecuentes estratos de arcillolitas caoliníticas, de color gris claro.

El conjunto inferior es un nivel resistente que se destaca en la topografía. Las areniscas son muy friables por lo cual se explotan como materiales de

construcción. Además tiene contacto erosivo con la Formación Bogotá. Las arcillolitas de la parte superior son explotadas para la fabricación de ladrillo.

### **3.1.2. Estructuras Geológicas.**

El sector está localizado sobre el flanco oriental de un pliegue sinclinal simétrico, cuyo eje tiene orientación media N – S. Los estratos en el flanco oriental tienen orientación N 15° E y buzamiento variable entre 12 y 18 ° hacia el NW. En el núcleo de la estructura está la Formación Usme.

En la zona específica de estudio, los planos de estratificación expuestos y medibles son escasos; sin embargo se encontró que la estratificación posee orientación N 16° E a N – S y buzamiento de 18° a 20° hacia el NW.

De otra parte se detectaron dos familias de diaclasas en las arcillolitas y areniscas. Estos planos poseen dos tendencias: una, N 46 W /60°SW; otra, N 60 E /84° SE.

## **3.2. GEOLOGÍA LOCAL.**

### **3.2.1. Litologías.**

Las observaciones de campo y las exploraciones mediante trinchera, hechas en sectores aledaños al Bloque 4 de la Unidad Residencial, permitieron identificar las siguientes litologías:

#### **3.2.1.1. .Rellenos Antrópicos.**

Parecen provenir de las excavaciones hechas para conformar el terreno de cimentación de los edificios y sobrantes de antiguas explotaciones de arcilla que existieron en el pasado, de acuerdo con el análisis multitemporal de las fotografías aéreas y comentarios de habitantes de áreas aledañas. Están conformados por arenas arcillosas y clastos de arcilla y de arenisca, poseen un bajo grado de consolidación y alta humedad, razón por la cual tienden a reptar, en los sitios donde la pendiente de la ladera tiene más de 20°. Estos rellenos están apoyados sobre estratos de la Formación Usme.



### 3.2.1.2. Formación Usme.

De esta unidad, en el sector afloran arcillolitas caoliníticas y arcillolitas algo arenosas; además se presentan algunos estratos delgados de arenisca arcillosa, como también de arenisca de grano medio a grueso, friable. Algunos de los estratos de arenisca poseen características de acuíferos y generan aumento de la humedad natural y plasticidad en las capas de arcillolitas vecinas.

La secuencia explorada tiene espesor de 5m.

En el Plano 3 del ANEXO 1 se presenta el Plano Geológico Local a escala 1:500, junto con los perfiles geológicos establecidos.

## **3.3. GEOMORFOLOGÍA DEL SECTOR**

A nivel regional, es posible distinguir en la zona, sectores de areniscas de la Formación Regadera, constituidas por cuarzoarenitas de cemento ferruginoso, medianamente resistentes, correspondientes a zonas de topografía fuertemente inclinada, así como sectores de areniscas friables, arcillosas, poco a medianamente resistentes, de los pisos inferior y superior de la Formación Usme, donde se han presentado explotaciones subterráneas de arenas. Se encuentran igualmente, zonas de pendiente suave de arcillolitas del piso medio de la Formación Usme de relativamente buena estabilidad natural, pero susceptibles a deslizamientos ligados a inadecuadas prácticas de explotación de arcillas.

El sector de estudio se encuentra ubicado en una de las zonas de pendiente suave de arcillolitas de la Formación Usme. De acuerdo al análisis multitemporal realizado con base en fotografías aéreas a escala 1: 18000 (Año 1952) y 1:20.000 (Año 1995), antes de la construcción de la unidad residencial en estudio, las laderas cercanas estaban afectadas por procesos de erosión concentrada con desarrollo de cárcavas, principalmente, y surcos; así como actividad de explotación de arcillas, pero fuera del registro de la fotografía aérea, no es posible evaluar las características topográficas de las excavaciones y zonas de botadero. Sin embargo, de acuerdo al análisis multi-temporal de realizado, no se determinaron indicios de explotación minera en el sitio específico de estudio.

Finalmente, en la ladera sur aledaña al Bloque 4 se presenta actualmente un reptamiento del relleno, con espesor menor a 2.0 m que fue conformado, inmediatamente arriba del canal que existe en este sector.

En el Plano 4 del ANEXO 1 se presenta el Plano Geomorfológico Local a escala 1:500.

## 4. ESTUDIO GEOTÉCNICO

Desde el punto de vista geotécnico, durante la ejecución del estudio en la Unidad Residencial objeto de los trabajos, que corresponden a la primera etapa de la urbanización mencionada, se identificaron una serie de procesos, tal y como se describe a continuación.

- Se observan separaciones diferenciales entre bloques, específicamente entre los Bloques 3 y 4. Estas patologías son típicas de un fenómeno de asentamientos diferenciales, que en el caso de los Bloques 3 y 4 son evidentes, probablemente debido al mayor desconfinamiento lateral de la fundación de los edificios que componen el Bloque 4 en el extremo sur que limita con la ladera, zona en la cual, la distancia al quiebre de pendiente desde la fundación se encuentra entre 2.0 m y 3.0 m. Como se mencionó en capítulo anterior, de acuerdo a la información suministrada por la firma INGECIENCIAS S.A.(1994), las estructuras poseen un sistema de cimentación superficial compuesto en algunos casos por zapatas corridas, o por ciclópeo con viga de amarre, en todos los casos desplantados como mínimo a 0.6 m y apoyados sobre un estrato de arcilla arenosa.
- En la zona de parqueaderos y zonas comunes de la urbanización, se presentan una serie de hundimientos en el adoquín.
- En la zona de verde que se encuentra sobre la ladera, en la zona sur de la unidad residencial, se presenta un movimiento superficial de reptamiento del material de relleno, sobre el suelo natural.
- Al momento del estudio se encontró una zona adyacente al Bloque 4 de la unidad residencial, en la cual fue posible observar un fallamiento superficial del terreno que coincide aparentemente, con una tubería de aguas lluvias.

Considerando los fenómenos descritos y con el fin de determinar sus posibles causas, se adelantó la campaña de exploración y caracterización del subsuelo, así como el análisis geotécnico correspondiente que se describe a continuación.

## **4.1. INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO**

### **4.1.1. Exploración**

Con el fin de identificar el estado y composición actual del material del subsuelo, identificar la profundidad a la cual se encuentra el basamento rocoso, recuperar muestras de los materiales del perfil, evaluar la posición del nivel freático y la condición de saturación de los materiales se ejecutaron 7 exploraciones, de las cuales se realizaron tres apiques a 2.0 m de profundidad, continuados hasta 5.0 m de profundidad mediante barrenos de accionamiento manual y con recuperación de muestras inalteradas. Posteriormente se ejecutaron dos perforaciones a 6.0 m de profundidad con barrenos de accionamiento manual y recuperación de muestras. Finalmente, se ejecutaron dos apiques a 2.0 m de profundidad con el fin de verificar las características del material de fundación, por lo cual se ejecutaron adyacentes al Bloque 4 y al Jardín Infantil, estructuras cuya localización exacta se puede observar en Plano 1 del ANEXO 1.

En el ANEXO 4 se presentan los registros de campo correspondientes, mientras que en la Figura 5.1 se presenta el esquema de localización de Apiques y sondeos.

### **4.1.2. Ensayos In-situ y de laboratorio**

Se realizaron ensayos de penetración estándar (SPT) y de veleta de campo. Las muestras recuperadas durante la exploración se sometieron a ensayos de clasificación, resistencia y compresibilidad, con el fin de caracterizar los materiales constitutivos del subsuelo, tal y como se describe a continuación.

#### De clasificación

- Límites de Atterberg
- Humedad Natural
- Peso Unitario
- Granulometría con lavado
- Expansión de Lambe
- Expansión con consolidómetro

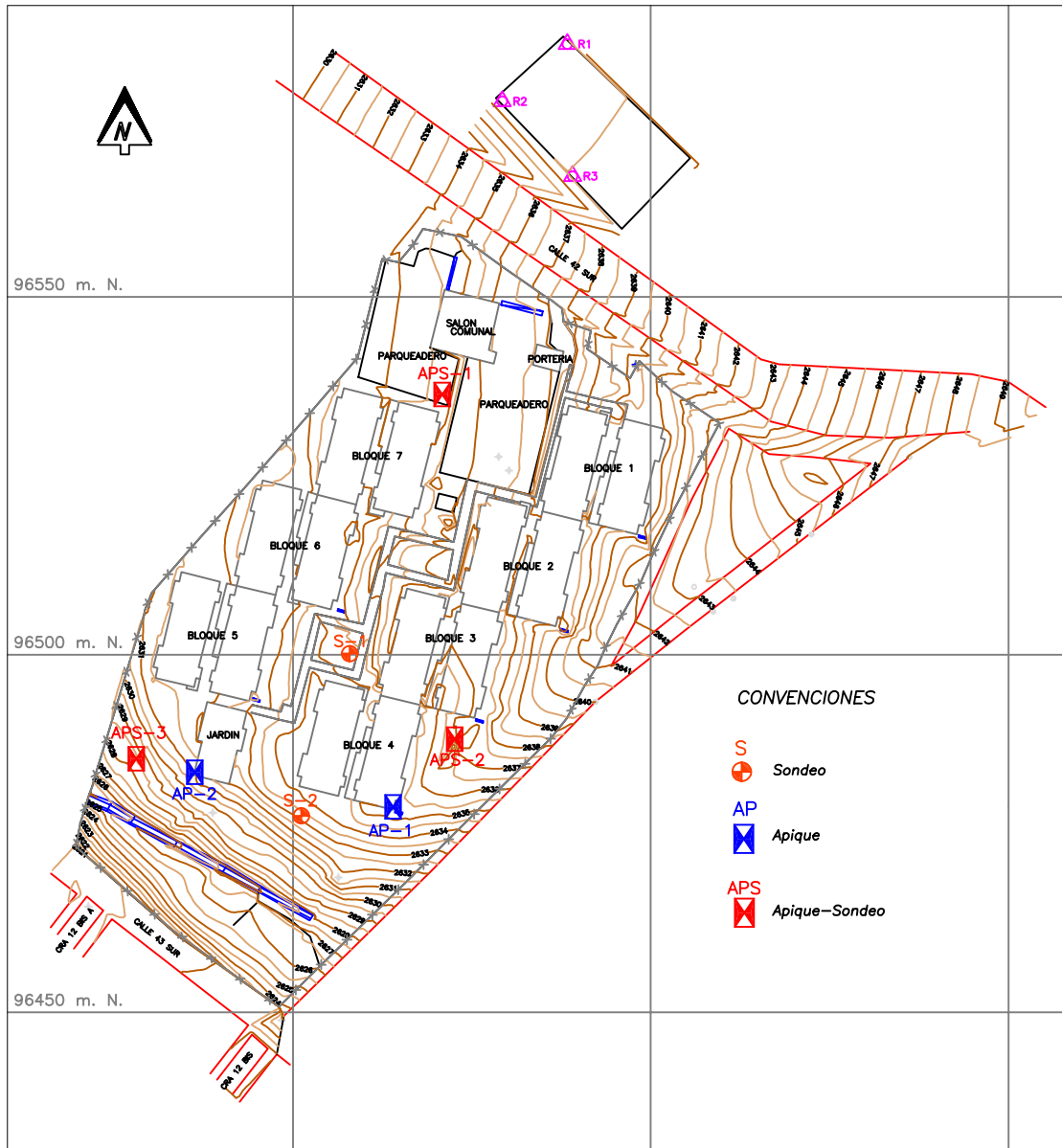


Figura 4.1. Esquema de Localización de Apiques y Sondeos.

### De resistencia

- Compresión Inconfinada
- Corte Directo

### De compresibilidad

- Consolidación Rápida.

En la [Tabla 4.1](#) se presenta un resumen de los resultados de laboratorio, mientras que en el ANEXO 6, se presentan los resultados de laboratorio.

En la Figura 4.1 se presenta la carta de plasticidad elaborada, la cual permite de manera general establecer el tipo de material presente en el área de estudio.

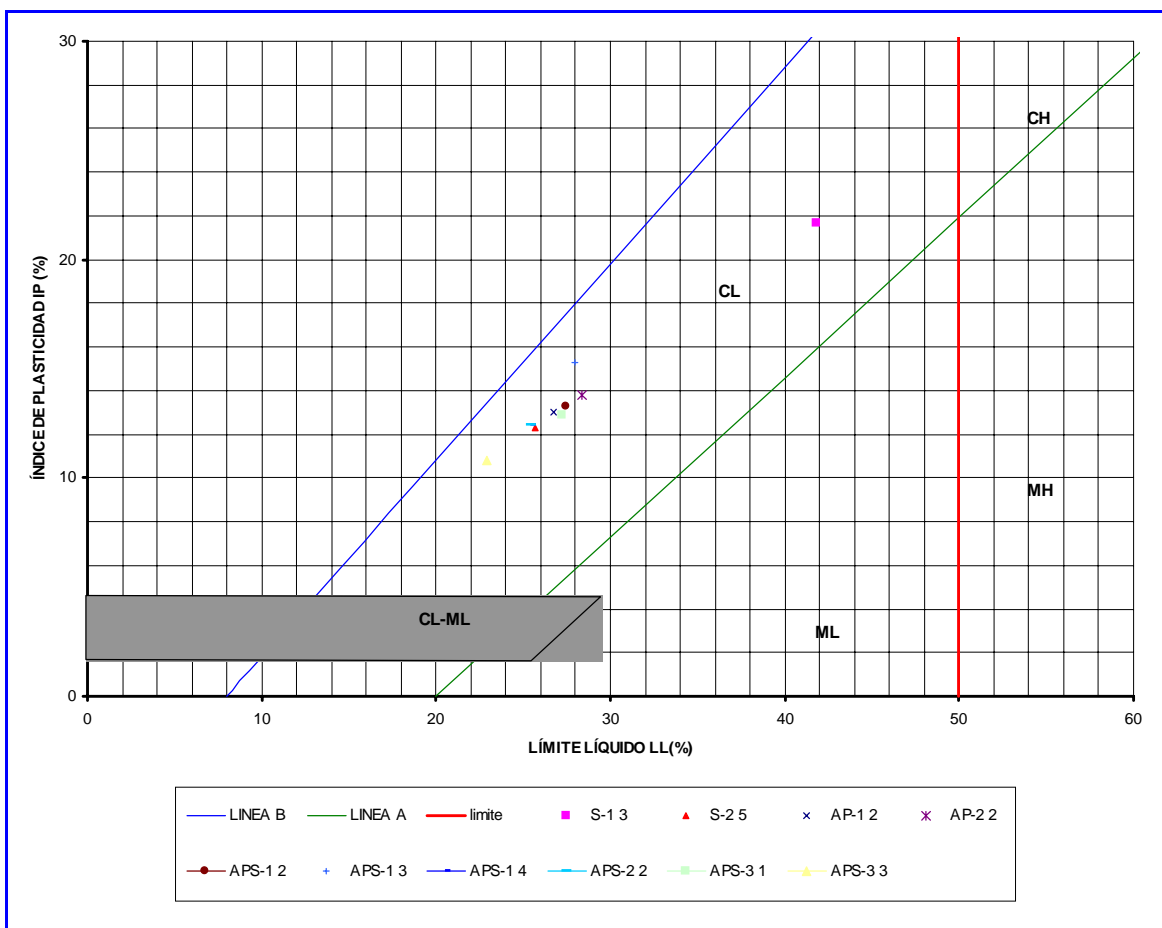


Figura 4.2. Carta de Plasticidad.

PERFORACIÓN	MUESTRA	PROFUNDIDAD (metros)	CLASIFICACIÓN	PESO UNITARIO		PROPIEDADES INDICE					CORTE DIRECTO		GRANULOMETÍA			COMPRESIBILIDAD				Esfuerzo de Expansión		RESISTENCIA
				$\gamma_t$	$\gamma_s$	Wn	LL	LP	IP	IL	C	$\phi$	Grava	Arena	Finos	$p_0$	$e_c$	Cc	Cr	Lambe	Consolidóm.	qu
				( $t/m^3$ )	( $t/m^3$ )	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	kg/cm <sup>2</sup>	(grados)	(%)	(%)	(%)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)			( $t/m^2$ )	( $t/m^2$ )	( $t/m^2$ )
S-1	1	1.20 - 1.60		2,147	1,871	16,2													3,100	0,050		
S-1	3	2.60 - 3.00	CL			17,7	41,8	20,1	21,7	-0,110												
S-2	5	5.00 - 5.45	CL			11,7	25,7	13,4	12,3	-0,144												
AP-1	2	2.20 - 2.60	CL				26,7	13,7	13,0		0,270	23,800				1,7	0,49	0,016	0,010			
AP-2	2	2.00 - 2.40	CL			17,0	28,4	14,6	13,8	0,177												
APS-1	2	0.60 - 0.80	CL			15,7	27,5	14,2	13,3	0,110												
APS-1	3	1.30 - 1.55	CL			15,8	28,0	12,7	15,3	0,203			0,1	47,6	52,3							
APS-1	4	2.20 - 2.60	CL			15,5	25,4	13,0	12,4	0,203												
APS-2	2	2.60 - 2.80	CL			20,1	49,2	19,4	29,8	0,023												
APS-2	4	3.90 - 4.10		2,20	1,90	13,4					0,330	24,100									62,9	
APS-3	1	1.50 - 1.90	CL			18,1	27,2	14,3	12,9	0,301												
APS-3	3	2.60 - 3.00	CL			12,0	22,9	12,1	10,8	-0,012												

Tabla 4.1. Cuadro Resumen de Resultados de Laboratorio.

De acuerdo a los resultados de laboratorio que se presentan en la Tabla 4.1 se deduce que los materiales encontrados en la zona corresponden a arcillas de baja plasticidad, con un bajo potencial de expansión, con un esfuerzo de expansión del orden de  $0.05 \text{ kg/cm}^2$  obtenido mediante el Ensayo de Expansión de Lambe y un control de expansión con un esfuerzo del orden de  $0.31 \text{ kg/cm}^2$  para el caso del Ensayo de Expansión con consolidómetro. Los valores de resistencia a la compresión inconfiada son del orden de  $62 \text{ ton/m}^2$ , mientras que los resultados del ensayo de consolidación realizado muestran que se trata de un material de baja compresibilidad con valores del índice de compresión ( $C_c$ ) del orden de 0.016. Del ensayo de corte directo se encuentra que los valores mínimos de cohesión y ángulo de fricción para el material arcilloso, son del orden de  $0.27 \text{ kg/cm}^2$  y  $23$

#### 4.1.3. Perfil de Suelo

En el ANEXO 5, se presentan los perfiles estratigráficos correspondientes, mientras que en el ANEXO 3, se presentan los perfiles estratigráficos reportados en las exploraciones de campo efectuadas en estudios anteriores. Durante la exploración del subsuelo, se identificó un perfil caracterizado por la presencia de un material de relleno de naturaleza variable y de espesores hasta de 2.0 m en la zona de ladera, parqueo y áreas comunes, presentando una mayor humedad en la zona de parqueos. Bajo este material se encuentra un estrato de arcillolita gris con algunas intercalaciones de arena de la Formación Usme. En la exploración del subsuelo se encontró este material bastante meteorizado hasta profundidades entre 5.0 y 7.0 m, aumentando en el sentido de la ladera sur, razón por la cual, para propósitos de ingeniería geotécnica se clasificó más apropiadamente como suelo residual. En la Tabla 4.2 se presenta el perfil promedio establecido.

PROFUNDIDAD	DESCRIPCION
0.0 -2.0	<b>Material de Relleno</b> Nota: En la zona de Parquaderos este material es de tipo arcillo limoso, habano grisáceo, húmedo y en estado suelto, mientras que en la zona de ladera este material es relleno de arcilla limosa con escombros de construcción y baja compacidad.
2.0 – 5.0	<b>Suelo Residual</b> Arcilla limosa con arena de color habano, plasticidad media, consistencia firme.

Tabla 4.2 Perfil Promedio



En ninguna de las exploraciones se detectó el nivel freático. En las exploraciones realizadas junto a la cimentación del Bloque 4 y en el Jardín Infantil, se encontraron las estructuras cimentadas sobre material natural, correspondiente al suelo residual descrito.

## **4.2. ANÁLISIS GEOTÉCNICO**

Reuniendo los datos topográficos, geológicos, geomorfológicos y la caracterización geotécnica se realizaron los análisis generales de estabilidad para las secciones típicas determinadas para la ladera, con base en métodos simplificados y para taludes particulares usando el programa PCSTABLE5 y los métodos de Hoek y Bray (1981) para fallas de taludes en roca. A continuación se presentan los aspectos más importantes del análisis realizado.

### **4.2.1. Evaluación de Estabilidad**

Para la evaluación de estabilidad en la zona de estudio, y con el fin de verificar si el fenómeno presentado corresponde a un fenómeno de remoción en masa (FRM) que pudiera estar afectando a los edificios, se consideraron dos secciones típicas basadas en los perfiles geológicos establecidos, los cuales se muestran en el Plano Geológico Local que se presenta ANEXO 1.

Teniendo en cuenta las características litológicas de los materiales presentes en la ladera, así como su geometría y la disposición de los materiales, se consideraron los siguientes mecanismos de falla potenciales:

- Deslizamientos Superficiales de tipo rotacional que involucran únicamente suelo residual y material de relleno.
- Deslizamientos traslacionales que involucran suelo residual y rellenos.
- Deslizamientos rotacionales de mayor profundidad que involucren el macizo rocoso.
- Deslizamiento plano y en cuña siguiendo los planos de discontinuidad de la roca.

El mecanismo de tipo rotacional en el macizo rocoso se analizó únicamente con el objeto de tener una idea general de la estabilidad de todo el talud del lado sur, utilizando superficies de falla circulares pero de amplio radio, no obstante que la roca no presenta un fracturamiento que favorezca este tipo de mecanismo.

El análisis se realizó considerando los mecanismos descritos, bajo condiciones extremas de lluvia y eventos sísmicos, asumiendo en los análisis un valor del parámetro de presión de poros de 0.5 y un coeficiente de aceleración horizontal de 0.25 g, de acuerdo a las recomendaciones de la Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá. Se tomó un valor 170 kPa de carga externa debida a los edificios, calculado para una viga de cimentación localizada en sentido normal a la cara del talud.

Para fines de análisis se establecieron los parámetros geomecánicos que se muestran en la Tabla 4.3.

MATERIAL	c	$\phi$	$\gamma_t$	$\gamma_d$
	kg/cm <sup>2</sup>	(grados)	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )
Relleno	0,10	20	2,0	2,0
Suelo Residual	0,27	23	2,2	2.2

Tabla 4.3. Parámetros Geomecánicos de Análisis

Para la arcillolita se realizó un análisis paramétrico considerando valores de cohesión de 0.5 kg/cm<sup>2</sup> y 0.25 kg/cm<sup>2</sup>, y considerando un ángulo de fricción de 40 grados.

En ninguno de los casos anteriores se obtuvieron resultados que indiquen inestabilidad, ya que en todos los casos los factores de seguridad mínimos, son mayores a 1.4 en el caso de las combinaciones de sismo – lluvia, para las dos secciones analizadas. En las Tablas 4.4 y 4.5 se presentan los resultados obtenidos para las secciones de análisis, para cada uno de los escenarios analizados.

El análisis de estabilidad de la posible inestabilidad controlada por las estructuras de la roca, el cual se hizo mediante los métodos de Hoek y Bray (1981), indicó factores de seguridad suficientemente altos, que no permiten inferir alguna condición de inestabilidad o de estabilidad marginal condicionada por las estructuras de la roca subyacente. El análisis cinemático de discontinuidades,

considerando el azimut de buzamiento y el buzamiento del talud como 215/30, no indica una posibilidad de que se presente una falla plana. Del análisis de falla en forma de cuña se obtuvieron igualmente factores de seguridad altos.

Análisis No.	Tipo de Suelo	Peso Unitario Total (KN/m <sup>3</sup> )	Peso Unitario Saturado (KN/m <sup>3</sup> )	Cohesión (KPa)	Fricción (Grados)	Sismo	Lluvia	FS Mín	Tipo Superficie
1	Relleno	20	20	10	20			2.33	Circular
	Suelo Residual	22	22	27	23				
	Material Rocoso	24	24	50	40				
2	Relleno	20	20	10	20			2.04	Circular
	Suelo Residual	22	22	27	23				
	Material Rocoso	24	24	25	40				
3	Relleno	20	20	10	20		x	2.10	Circular
	Suelo Residual	22	22	27	23				
	Material Rocoso	24	24	50	40				
4	Relleno	20	20	10	20		x	1.96	Circular
	Suelo Residual	22	22	27	23				
	Material Rocoso	24	24	25	40				
5	Relleno	20	20	10	20	x		1.58	Circular
	Suelo Residual	22	22	27	23				
	Material Rocoso	24	24	50	40				
6	Relleno	20	20	10	20	x		1.48	Circular
	Suelo Residual	22	22	27	23				
	Material Rocoso	24	24	25	40				
7	Relleno	20	20	10	20	x	x	1.54	Circular
	Suelo Residual	22	22	27	23				
	Material Rocoso	24	24	50	40				
8	Relleno	20	20	10	20	x	x	1.44	Circular
	Suelo Residual	22	22	27	23				
	Material Rocoso	24	24	25	40				
9	Relleno	20	20	10	20			2.73	Plana
	Suelo Residual	22	22	27	23				
	Material Rocoso	24	24	50	40				
10	Relleno	20	20	10	20			2.68	Plana
	Suelo Residual	22	22	27	23				
	Material Rocoso	24	24	25	25				
11	Relleno	20	20	10	20		x	2.51	Plana
	Suelo Residual	22	22	27	23				
	Material Rocoso	24	24	50	40				
12	Relleno	20	20	10	20		x	2.47	Plana
	Suelo Residual	22	22	27	23				
	Material Rocoso	24	24	25	25				
13	Relleno	20	20	10	20	x		2.04	Plana
	Suelo Residual	22	22	27	23				
	Material Rocoso	24	24	50	40				
14	Relleno	20	20	10	20	x		2.00	Plana
	Suelo Residual	22	22	27	23				
	Material Rocoso	24	24	25	25				
15	Relleno	20	20	10	20	x	x	1.89	Plana
	Suelo Residual	22	22	27	23				
	Material Rocoso	24	24	50	40				
16	Relleno	20	20	10	20	x	x	1.84	Plana
	Suelo Residual	22	22	27	23				
	Material Rocoso	24	24	25	25				

Tabla 4.4. Resultados del Análisis de Estabilidad – Sección XX

Análisis No.	Tipo de Suelo	Peso Unitario Total (KN/m <sup>3</sup> )	Peso Unitario Saturado (KN/m <sup>3</sup> )	Cohesión (KPa)	Fricción (Grados)	Sismo	Lluvia	FS Mín	Tipo Superficie
17	Relleno	20	20	10	20				
	Suelo Residual	22	22	27	23				
	Material Rocoso	24	24	25	40			2.89	Circular
18	Relleno	20	20	10	20				
	Suelo Residual	22	22	27	23		x		
	Material Rocoso	24	24	25	40			2.63	Circular
19	Relleno	20	20	10	20				
	Suelo Residual	22	22	27	23	x			
	Material Rocoso	24	24	25	40			1.42	Circular
20	Relleno	20	20	10	20				
	Suelo Residual	22	22	27	23	x	x		
	Material Rocoso	24	24	25	40			1.40	Circular

Tabla 4.5. Resultados del Análisis de Estabilidad – Sección YY

Los resultados completos del análisis efectuado se presentan en el ANEXO 8, junto con las memorias de cálculo correspondientes.

### 4.3. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO

#### 4.3.1. Consideraciones sobre la Estabilidad y Deformaciones de la Cimentación

De acuerdo a lo observado en la exploración del subsuelo realizada en inmediaciones del Bloque 4, la cimentación de este edificio consiste en una viga de amarre con ciclópeo, desplantada a 0.8 m de profundidad.

Dado que las características de los desplazamientos observados indican un basculamiento del Bloque 4, se pueden inferir diferencias en el comportamiento de la cimentación entre los Bloques 3 y 4. Como es lógico suponer, debido a la rigidez del sistema estructural de los edificios, una diferencia en la capacidad de soporte o en la compresibilidad del terreno de un sector a otro del Conjunto Residencial, se manifiesta principalmente en las uniones o dilataciones entre un bloque y otro. En este caso, aunque los análisis indican que no existe un fenómeno de inestabilidad de ladera (por análisis de equilibrio límite), es factible suponer que cuando se aplican cargas de magnitud similar en diferentes puntos del lote, la más alta susceptibilidad a presentar las mayores deformaciones se presenta en la zona más cercana a la ladera.

Considerando el poco confinamiento de la fundación en este sector del área de estudio, ya que el nivel de cimentación se encuentra a una distancia máxima de 3.0 m del quiebre de pendiente y mínima de 2.0 m, se presume que los

asentamientos diferenciales observados son debidos a diferencias en el comportamiento entre los extremos norte y sur de los bloques.

La sustentación teórica de esta hipótesis se puede obtener simplemente de las teorías de capacidad portante, en las cuales se tiene una zona lateral que forma una cuña pasiva la cual contribuye a aumentar el valor de la capacidad portante. Una sustentación más precisa, aunque no se considera necesaria, podría lograrse con una modelación de los esfuerzos y deformaciones del terreno por medio del método de elementos finitos.

Es probable que este comportamiento no uniforme de la cimentación entre los Bloques 3 y 4 se haya detonado, o se haya agravado, debido a filtraciones de agua, provenientes de tuberías que han perdido su funcionalidad, aspecto que se describe más adelante.

Para los demás bloques se considera que los asentamientos son normales.

#### **4.3.2. Hundimientos en la Zona de Parqueaderos y Áreas Comunes**

De acuerdo a la exploración realizada en la zona de parqueaderos, específicamente el apique-sondeo APS-1, en esta zona se encuentra como material de fundación un relleno arcilloso, en estado suelto, con una humedad alta y de 2.0 m de espesor aproximado. Se presume que esta es la razón por la cual se presentan hundimientos continuos en el adoquín. Es importante tener en cuenta además, que en el apique-sondeo mencionado se encontró el estrato arcilloso subyacente contaminado aparentemente por aguas negras, razón por la cual se presume pueden existir fugas no visibles en tuberías de alcantarillado. Adicionalmente, según informaciones de la comunidad existe un tanque de almacenamiento, que no pudo ser localizado en planos, pero que se presume se encuentra bajo una de las zonas de parqueo, lo cual también podría ser el origen de este exceso de humedad en la zona, en el caso en que se estuvieran presentando fugas.

#### **4.3.3. Reptamiento en la Zona de Ladera Sur**

Mediante la exploración del subsuelo, se determinó que en esta zona se encuentra un relleno en ladera compuesto por materiales de baja compacidad y de naturaleza variada, como escombros de construcción, basuras y arcillas limosas, sobre el suelo natural descrito en párrafos anteriores. Se considera que este movimiento es de tipo superficial y de acuerdo a la evaluación de estabilidad se presume no involucra el material subyacente.

#### **4.3.4. Fallamiento Superficial del Terreno**

De acuerdo a las observaciones realizadas en el fallamiento superficial adyacente al Bloque 4 y teniendo en cuenta que al momento del estudio fue posible observar una tubería aparentemente de aguas lluvias coincidente con la zona fallada, se presume pueden existir fugas en el sector que pueden estar causando el fenómeno descrito.

## **5. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL ESTADO ACTUAL DE LAS EDIFICACIONES**

### **5.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES**

La Unidad Residencial está compuesta por siete bloques de seis pisos, cada bloque constituido por dos edificios en mampostería estructural conectados por una escalera en la parte central, con un total de 168 apartamentos, dos estructuras de 2 pisos correspondientes al Jardín Infantil y Salón Comunal, así como un Tanque de Almacenamiento, que como se mencionó anteriormente, no fue posible localizar en planos, pero que aparentemente se encuentra ubicado en una de las dos zonas de parqueo existentes, esto es, en la zona de parqueo oriental. Junto a esta zona se encuentra la otra zona de parqueo a desnivel y se encuentran separadas por un muro de contención de 1.5 m de altura aproximadamente.

### **5.2. DAÑOS OBSERVADOS**

Desde el punto de vista estructural, de acuerdo a los informes de diagnóstico realizados en el pasado por la DPAE, en las estructuras de la urbanización, se han venido evidenciando algunas patologías relacionadas principalmente con daños en las zonas de escaleras de conexión entre edificios, específicamente en las zonas de arranque de las escaleras en los primeros pisos y aberturas en las dilataciones de estas zonas y las de llegada en pisos superiores, así como fisuras en las vigas gualderas y daños en los pasos prefabricados. Igualmente se han observado fisuras leves en algunos muros de antejardín y pisos de algunos de los apartamentos, y separaciones de las zonas de circulación con respecto a los edificios.

Con el ánimo de identificar las patologías descritas, se realizó una inspección visual los días 19 y 20 de noviembre de 2002. Durante dicha inspección fue realizada en los edificios, zonas de circulación y escaleras, así como algunos apartamentos. No fue posible realizar una inspección detallada del tanque de almacenamiento. A continuación se presenta un inventario de los daños

observados en cada uno de los Bloques incluyendo las zonas aledañas a estos.

### **5.2.1. BLOQUE 1**

En la parte norte de la torre occidental, se presenta una fisura entre el contacto del suelo con la estructura, ilustrada en la Foto 1, que permite suponer un leve desplazamiento del edificio hacia el sur occidente.



Foto 1. Fisura en bloque 1, torre occidental

En la parte sur de la torre oriental se presenta también un leve desprendimiento del muro del antejardín del edificio hacia el occidente.

El daño mas notorio corresponde a un pequeño desplazamiento de la torre occidental con relación a la oriental, que se hace evidente al observar las escaleras (ver Foto 2); en el primer piso se presenta una fisura y a medida que se aumenta de piso se va haciendo mas notorio como se ilustra en las Fotos 2, 3 y 4.





Foto 2. Fisura en escalera, piso 1



Foto 3. Fisura en escaleras, piso 3



Foto 4. Fisura en escaleras, piso 6

Al parecer no se presentan fisuras notorias que se atribuyan a este desplazamiento al interior de los apartamentos, sin embargo en la parte externa se notan unas pequeñas fisuras del muro de antejardín y se nota además un asentamiento cerca al edificio, como se ilustra en la Foto 5.



Foto 5. Asentamiento en el contacto con el bloque

### **5.2.2. BLOQUE 2**

Al igual que en el Bloque 1 se observa un leve desplazamiento de la torre occidental en relación a la oriental, es decir en sentido oriente occidente pero en este caso es menos notorio; se hace evidente por las fisuras presentes tanto en el sector de las escaleras que unen los bloques como en los alrededores de éste y el muro de antejardín (ver Fotos 6, 7 y 8 ).



Foto 6. Fisuras en escaleras, piso 1



Foto 7. Fisuras en escaleras, piso 6

El deterioro en las escaleras de este bloque es de menos incidencia que en las escaleras del Bloque 1.



Foto 8. Fisuras en los alrededores del edificio

En la parte sur-occidental de la torre occidental se presentan pequeñas fisuras en los muros y pisos de los apartamentos (por ejemplo en los apartamentos 203 y 403), en el apartamento 503 los habitantes han notado que las puertas no cierran adecuadamente. En el apartamento 203 se observa una fisura en el piso en el sentido N-S. Se observa que el adoquín de la entrada de este bloque tiene un desnivel.



Foto 9. Fisuras al interior de los apartamentos

### **5.2.3. BLOQUE 3**

En el adoquín existente en el ingreso del bloque, se presenta un hundimiento de manera que algunos de ellos se han levantado.

En las escaleras que unen las dos torres se presenta un desplazamiento lateral de los peldaños (Fotos 10 y 11), entre los pisos 5º y 6º esta fisura tiene 10 mm. Los escalones consisten en placas apoyadas sobre dos viguetas y muchos de esos escalones tienen una fisura en el centro de la luz como se ilustra en la Foto 12. Este fenómeno se presenta en todos los 6 pisos del bloque.



Foto 10. Desplazamiento lateral de los escalones



Foto 11. Desplazamiento lateral de los escalones



Foto 12. Escalones deteriorados

En las viguetas sobre las que están apoyados los peldaños de la escalera se aprecia una fisura notoria, ubicada hacia el tercio medio de la luz como se ve en la Foto 13.



Foto 13. Fisura en Viguetas de escalera

#### **5.2.4. BLOQUE 4**

Se encuentra la misma fisura en las escaleras de los anteriores bloques, que hace evidente un desplazamiento en sentidos opuestos entre las dos torres, los esfuerzos son absorbidos por la escalera que al parecer es muy rígida y no amortigua dicho desplazamiento. En la ilustración se ve la fisura después de realizar una reparación (Foto 14), pues según los habitantes del bloque la fisura estaba mas abierta.

La torre occidental presenta menos afectación que la oriental, en esta última se ven algunas fisuras en las paredes de los apartamentos y en el techo como se aprecia en la Foto 15, correspondiente al apartamento 101.

Los peldaños de la escalera se notan separados de sus viguetas de apoyo, aproximadamente en 10mm (ver Foto 10).

La torre oriental de este bloque presenta un desplazamiento que a simple vista hace pensar que se mueve hacia el sur en su parte superior (último piso), porque hay una separación entre ésta y la torre contigua del bloque 3 de unos 25mm en su nivel inferior pero a medida que se avanza en la altura se aprecia notablemente el aumento en la separación. En la Foto 17 se nota la ausencia de bajante de aguas lluvias que debería estar tapando el espacio entre ambos bloques (torre norte de un bloque con torre sur del siguiente), haciendo mas evidente dicho desplazamiento. En la Foto 16 se puede apreciar que la separación se hace mayor en pisos superiores.





Foto 14. Fisura en escaleras



Foto 15. Fisura en cielo raso



Foto 16. Separación entre torres de los bloques 3 y 4



Foto 17. Vestigios de bajante desprendida por separación de bloques

### 5.2.5. BLOQUE 5

En el adoquín del suelo, a la entrada de los edificios se nota una leve deformación, siendo más evidente en las rejillas de los sumideros de filtración de aguas, las cuales ya no cierran bien. En las escaleras no se nota un daño marcado como en los anteriores bloques, pero presenta una leve fisura en la vigueta que soporta a los peldaños de la escalera, hacia el tercio inferior. Aunque es menor el daño, se alcanza a notar que inicia una separación de bloques, o un movimiento entre ellos que muestra ya una pequeña fisura en el primer piso de las escaleras, en el mismo lugar de los bloques 1 a 4.



Foto 18. Adoquines a la entrada del edificio

### 5.2.6. BLOQUE 6

Se presenta fisura en el contacto del muro con el piso superior. En el primer piso se nota hundimiento del suelo porque en un muro, que al parecer no hace parte de la mampostería estructural se ve desprendido en la parte superior correspondiente al cielorraso; la separación es de unos 10 mm.

La fisura de las escaleras se presenta solamente en el primer piso, y también se presenta un levantamiento del adoquín del suelo a la entrada, por la parte norte. En general se encuentra en buen estado todo el bloque.

### 5.2.7. BLOQUE 7

En el primer nivel, a la entrada también hay levantamiento del adoquín, y en las escaleras se ven algunas fisuras leves, de los peldaños. En general no presenta daños notorios.

### 5.3. CONTROL DE VERTICALIDAD DE LOS BLOQUES

Con el fin de determinar las características de los desplazamientos que se puedan estar presentando en los Bloques, durante el levantamiento topográfico, realizado durante los 17, 18 y 19 de 2002.

En la Figura 5.1. se presentan la localización en planta de los puntos de control establecidos para cada uno de los Bloques, así como la tendencia general de los desplazamientos de estos puntos de control, los cuales corresponden al extremo superior de los edificios en cada punto indicado. Teniendo en cuenta este aspecto, se determinaron las deflexiones y el ángulo de inclinación con respecto a la vertical para cada punto, como se muestra en la Tabla 5.1.

Bloque	Punto N°	Base ( z = 0.0 )		A 13,0 m de Altura( z = 13.0 )		Deflexión (cm)	Angulo (°)
		x	y	x	y		
4	1	96364.0112	96478.3318	96364.0206	96478.3378	1.1	0.049
	2	96350.6401	96483.088	96350.6557	96483.0915	1.6	0.070
	3	96367.9232	96491.6083	96367.9452	96491.6059	2.2	0.098
	4	96354.5962	96496.3833	96354.605	96496.3882	1.0	0.044
5	5	96330.5197	96498.2818	96330.5349	96498.2883	1.7	0.073
	6	96332.7723	96507.2437	96332.7816	96507.2457	1.0	0.042
3	7	96375.356	96491.1634	96375.3876	96491.1738	3.3	0.147
	8	96361.9859	96495.9125	96362.0012	96495.9236	1.9	0.083
	9	96378.4965	96501.363	96378.5087	96501.3775	1.9	0.084
	10	96365.0279	96508.0235	96365.043	96508.0223	1.5	0.067
6	11	96342.6256	96514.1363	96342.6293	96514.1369	0.4	0.017
	12	96344.8621	96523.1832	96344.8696	96523.1854	0.8	0.034
2	13	96373.354	96508.778	96373.3657	96508.777	1.2	0.052
	14	96387.5921	96505.1582	96387.5947	96505.1529	0.6	0.026
	15	96389.8284	96514.1746	96389.8277	96514.1628	1.2	0.052
	16	96377.194	96522.0479	96377.1971	96522.0489	0.3	0.014
7	17	96354.0001	96526.9884	96354.0059	96526.9917	0.7	0.029
	18	96355.4478	96532.9199	96355.4531	96532.9218	0.6	0.025
	19	96370.3484	96533.8886	96370.3333	96533.8787	1.8	0.080
1	20	96399.7548	96521.0664	96399.7428	96521.0527	1.8	0.080
	21	96384.6669	96521.5551	96384.6701	96521.5577	0.4	0.018
	22	96401.7252	96531.5579	96401.7168	96531.5448	1.6	0.069

Tabla 5.1. Localización de Puntos de Control y Tendencia de Desplazamientos.

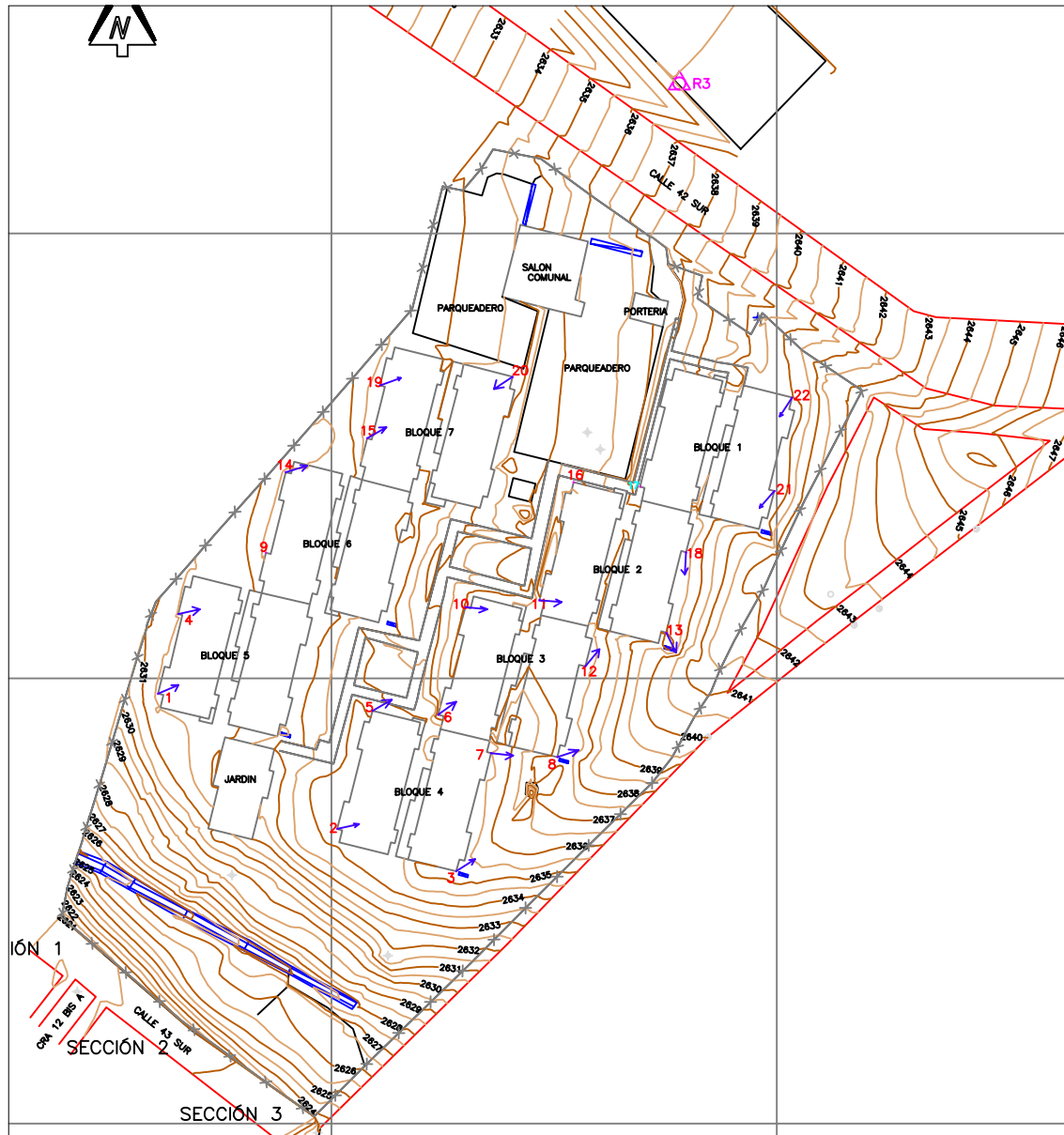


Figura 5.1. Localización de Puntos de Control y Tendencia de Desplazamientos.

De la tabla anterior se puede observar que en todos los casos los ángulos medidos son menores a 1 grado y se presentan movimientos compuestos de los extremos superiores de los edificios, pero en todos los casos se tiene bajos valores de deflexión medidos, menores a 3.3 cm.

#### **5.4. DIAGNOSTICO**

A continuación se presenta el diagnóstico realizado de las situaciones observadas, con base en la inspección visual, en los planos estructurales de las edificaciones (Ingeniería de Estructuras y Materiales Ltda. – Planos Nos. 1 a 5) y considerando para el análisis la conformación de cada bloque.

##### **5.4.1. Zona de Arranque de la Escalera en el Primer Piso**

Como se mencionó anteriormente, en las zonas de arranque de la escalera en el primer piso, se observan fisuras que son mas notorias en el caso de los Bloques 3 y 4, tal y como se ilustra en la Foto 19.



Foto 19. Fisura en la zona de Arranque de la Escalera.

De acuerdo al análisis realizado, se considera que la fisura que se aprecia, corresponde aparentemente a una junta de dilatación entre la torre y la placa de piso del arranque de la escalera, la cual no fue ejecutada adecuadamente.

#### **5.4.2. Junta de Dilatación de las Zonas de Llegada y Arranque de la Escalera**

Para la unión de las escaleras a las torres se definió un apoyo fijo en una de las torres (sector construido monolíticamente con la placa de piso de las torres) y en la otra torre un apoyo móvil (corresponde al “DETALLE JUNTA” consignado en el plano estructural No.4), esta definición permite el movimiento de las torres sin afectarse ellas mismas ni las escaleras. En la Fotos 3 y 4, se presenta un detalle de las zonas descritas. De acuerdo con el detalle en mención se puede establecer claramente que las fisuras y/o grietas que se aprecian, corresponden a la junta de dilatación entre la torre y la llegada o arranque de la escalera prefabricada, la cual tiene un ancho definido en el plano de 5 cm.

Cabe anotar que en algunos sitios las juntas no tienen elementos llenantes, lo cual puede generar un inadecuado comportamiento de la junta ya que al estar esta dilatación obstruida por elementos sólidos que impiden su movimiento, causando adicionalmente un mal aspecto.

#### **5.4.3. Fisuras en las Vigas Gualderas**

En la Foto 20, se presentan un detalle de las fisuras observadas en las vigas gualderas. Dada la localización de estas fisuras y el refuerzo longitudinal definido en los planos Nos. 2 y 4, se puede establecer que estas no fueron generadas por sobreesfuerzos en las gualderas, sino que aparentemente corresponden a deficiencias constructivas del prefabricado.



Foto 20. Fisuras en las Vigas Gualderas

#### 5.4.4. Pasos Prefabricados de las Escaleras



Foto 21. Detalle de la Dilatación Lateral



Debido a que estos pasos son elementos proyectados para colocarse simplemente apoyados sobre las vigas gualderas y sin ningún monolitismo con éstas, en los sitios en los cuales no se definió adecuadamente la dilatación lateral entre éstos y las gualderas, y en su defecto se pañetó la unión, se generaron fisuras. Se considera que las fisuras que se observan en estos sitios no afectan estructuralmente la escalera. Se presume adicionalmente, que las fisuras que se presentan en la zona central de los pasos prefabricados obedecen a deficiencias constructivas. En las Fotos 12 y 21, se puede observar un detalle de los aspectos mencionados.

## **5.5. OBSERVACIÓN GENERAL DE LAS TORRES**

En cuanto al estado general de las torres construidas en mampostería estructural, se observa que se han presentado asentamientos del terreno que se evidencian en el ancho de la separación entre los Bloques 3 y 4, y en las fisuras que han aparecido en algunos apartamentos, como se puede apreciar en el informe de “DAÑOS OBSERVADOS”, sin embargo, estos asentamientos a la fecha no han comprometido la integridad estructural de las torres.

## 6. PLANTEAMIENTO DE OBRAS CORRECTIVAS

De acuerdo al análisis geotécnico efectuado, se pudo concluir que los fenómenos observados en las diversas zonas que componen la unidad residencial, se deben a fenómenos localizados y no corresponden a fenómenos de inestabilidad de la ladera sobre la cual se encuentra ubicada la urbanización. De esta forma, considerando el poco confinamiento de la fundación del Bloque 4 que limita con la ladera sur, se presume que los asentamientos diferenciales observados son debidos a diferencias en el comportamiento entre los extremos norte y sur de los bloques, y se considera a su vez que para los demás bloques los asentamientos son normales. Adicionalmente, se identificó como posible causa de los hundimientos en las zonas de adoquines, la baja calidad del material subyacente y en las zonas donde se han presentado fallamientos superficiales del terreno, estas pueden ser debidas a fugas en las redes de acueducto y aguas lluvias. Finalmente en la zona de ladera, en la cual se presenta un reptamiento, este movimiento es de tipo superficial y no se consideran necesarias medidas para su control.

Desde el punto de vista estructural, de acuerdo a la evaluación realizada, los daños que se presentan actualmente no comprometen al momento la estabilidad estructural de las edificaciones.

Aunque no se identificaron fenómenos de inestabilidad en la zona, considerando el diagnóstico realizado, se presentan a continuación las acciones correspondientes para solucionar los problemas que actualmente se presentan en la Unidad Residencial. Se presenta adicionalmente un presupuesto aproximado de algunas de las obras.

### 6.1. CONFINAMIENTO DE CIMENTACIÓN – BLOQUE 4

Para el caso del Bloque 4 de la unidad residencial se recomienda, con el objeto de proporcionar un mayor confinamiento de la fundación, la instalación de pilotes de 8.0 m de profundidad mínima, 0.3 m diámetro y garantizando que estos entren por lo menos 1.0 m en roca, que este caso corresponde a arcillolita de la Formación Usme. Los pilotes estarán espaciados cada 1.0 m y serán de tipo pre-excavados y fundidos in-situ, y serán instalados en toda la franja de los dos edificios que componen el Bloque 4 y que limita con la ladera del extremo sur.

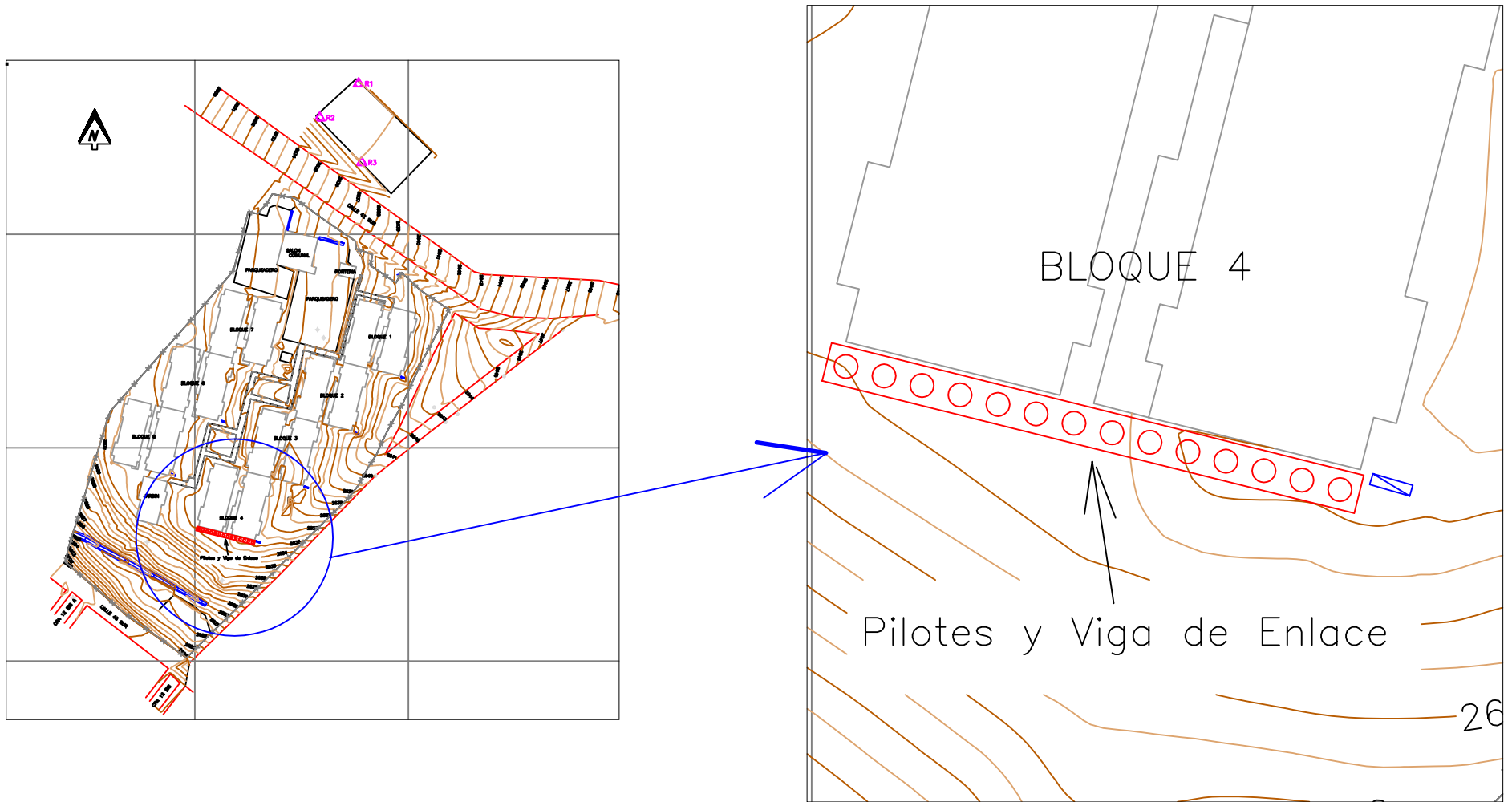


Figura 6.1. Localización de Obras – Confinamiento de la Cimentación Bloque 4.

En la Figura 6.1 se presenta un esquema de localización general. Los pilotes deben construirse por el lado externo (lado de la fachada) del cimiento actual, siguiendo el perímetro del edificio en esta zona y, con el objeto de que se conforme un anillo integral de confinamiento, las cabezas de los pilotes deben enlazarse mediante una viga de concreto reforzado. Estos pilotes tienen el objetivo básico de generar un recinto de confinamiento, que mejore la resistencia del terreno y por consiguiente la capacidad de soporte, y disminuya los posibles asentamientos que están ocurriendo o que pueden ocurrir en este bloque. No se propone una solución tipo recalce debido a la dificultad para colocar apoyos o pilotes en los muros de carga interiores del edificio, siendo estos necesarios en una solución de este tipo, debido a que la construcción de los pilotes solo en el perímetro puede generar problemas de comportamiento del edificio dada la rigidez de esta estructura.

En la tabla 6.1 se presenta un presupuesto aproximado para la construcción de los pilotes, basado también en un estimativo aproximado de cantidades.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. PARCIAL
Excavación para pilotes	m <sup>3</sup>	7.91	\$ 678,600	\$ 5,367,726
Concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	7.91	\$ 541,368	\$ 4,282,219
Refuerzo 3/4" $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup>	kg	752.6	\$ 3,542	\$ 2,665,709
Refuerzo 3/8" $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup>	kg	220.0	\$ 3,542	\$ 779,240
Viga de Enlace	m <sup>3</sup>	4.7	\$ 407,100	\$ 1,905,228
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 15,000,123</b>

Tabla 6.1. Presupuesto Aproximado para la construcción de pilotes

## 6.2. RECOMENDACIONES ESTRUCTURALES

Para las zonas de escaleras se tienen las siguientes recomendaciones:

- Para las zonas de arranque de la escalera en el primer piso, como se mencionó anteriormente, se considera que las fisuras existentes son debidas a dilataciones que no fueron ejecutadas adecuadamente, razón por la cual se recomienda levantar el acabado del piso con el fin de poder verificar esta situación y reconstruir la junta de dilatación dejando un elemento elástico como llenante de ella.

- Para las zonas de arranque y llegada de las escaleras, mientras que las juntas de dilatación no superen el ancho definido de 5 cm de acuerdo a lo descrito en el diagnóstico, esta situación no se considera una deficiencia estructural y se recomienda reconstruir la junta utilizando un elemento elástico compresible como llenante, el cual además le permite movimiento a la junta.
- Para el tratamiento de las fisuras en las vigas gualderas se recomiendan el sellado estas para evitar un mayor deterioro.
- En cuanto a los pasos prefabricados de las escaleras, en los sitios en cuales no se definió adecuadamente la dilatación lateral se recomienda generar la dilatación correspondiente. Además, los pasos que presentan fisuras en la zona central deberán ser reemplazados de acuerdo con el diseño estructural consignado en el Plano No.2 de Ingeniería de Estructuras y Materiales Ltda.

Se recomienda plantear un presupuesto para las reparaciones recomendadas, basado en precios unitarios, considerando todos y cada uno de los defectos encontrados en las zonas de escaleras.

### **6.3. ZONA DE ADOQUINADOS**

Los adoquines de las zonas de parqueo y zonas comunes de la urbanización, actualmente se encuentran apoyados sobre un relleno de 2.0 m de espesor, los cuales presentan hundimientos y levantamientos, por tal motivo se evaluó un diseño siguiendo metodología de John Knapton plasmada en el seminario de adoquines del Instituto Colombiano de Productores de Cemento.

Los parámetros a seguir teniendo en cuenta las condiciones actuales de la estructura son los siguientes:

- CBR 1%
- Número acumulado de ejes equivalentes de 8.2T Menor a 1.5E+06

Bajo las anteriores condiciones se tendría la siguiente estructura:

CAPA	ESPESOR (cm)
Adoquín	6
Arena aluvial	4
Base granular	30
Relleno en material seleccionado	30

Tabla 6.2. Estructura de Pavimento Recomendada – Zona de Adoquines

Se ha previsto la colocación de un mejoramiento con el fin de mejorar las condiciones de la estructura sobre la cual se apoyará el nuevo diseño. Para realizara este mejoramiento se recomienda excavar el espesor de la estructura de pavimento (70cm), drenar el relleno restante que quedará bajo ella y compactarlo al 95% del Proctor Modificado, y sobre este colocar el relleno en material seleccionado de 30cm (sección 13 IDU) compactado al mismo porcentaje.

Una vez se tenga la capa de material seleccionado conformada se procede a colocar una Base granular tipo B-600 de 30cm de espesor y sobre ella la arena y el adoquín.

En la Figura 6.2 se presenta un esquema general de la estructura de pavimento propuesta.

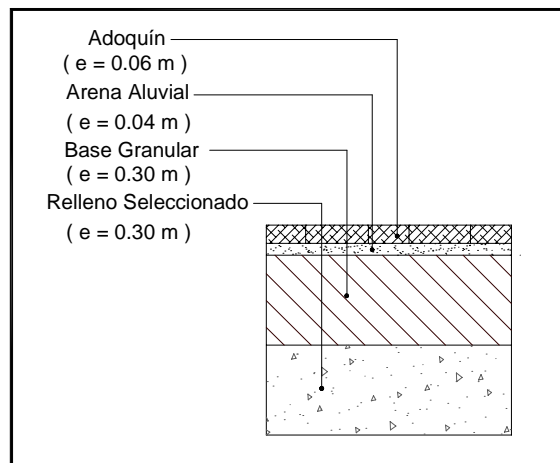


Figura 6.2. Esquema de Estructura de Pavimento – Zona de Adoquinados

En la tabla 6.3 se presentan el presupuesto aproximada para la reparación de la zona de adoquines de los parqueaderos, considerando la reutilización de los adoquines existentes.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. PARCIAL
Excavación y transporte	m <sup>3</sup>	350.00	\$ 25,000	\$ 8,750,000
Retiro y Almacenamiento - Adoquín	m <sup>2</sup>	500.00	\$ 11,000	\$ 5,500,000
Arena aluvial	m <sup>3</sup>	20.00	\$ 15,080	\$ 301,600
Base B-600	m <sup>3</sup>	150	\$ 88,020	\$ 13,203,000
Relleno Seleccionado	m <sup>3</sup>	150.0	\$ 76,712	\$ 11,506,800
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 39,261,400</b>

Tabla 6.3. Presupuesto Aproximado – Zona de Adoquines

#### 6.4. MANEJO DE CAPTACIÓN DE AGUAS

Dado que no se puede apreciar claramente el funcionamiento hidráulico de ninguna de las redes, y que además no aparecen registradas en los planos record de la E.A.A.B, se recomienda realizar una inspección detallada de las redes existentes, con el fin de detectar posibles exfiltraciones, especialmente en inmediaciones del Bloque 4, zona en la cual, se encuentra una tubería que aparentemente puede ser de aguas lluvias y que puede estar presentando filtraciones que pueden afectar en el futuro la estabilidad de la ladera. Igualmente, se recomienda la impermeabilización de las juntas de las canaletas de aguas lluvias que rodean los edificios, debido a que estas son en ladrillo y pueden estar presentando filtraciones hacia la zona de ladera.

#### 6.5. TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Dado que se observan hundimientos del terreno en la zona aledaña al tanque y el material de relleno subyacente presenta una alta humedad, se presume que el tanque de almacenamiento puede estar presentando filtraciones, por tal razón se recomienda su impermeabilización. Asimismo dado que el suelo adyacente al tanque que se localiza entre éste y el trasdós del muro de contención que separa las dos zonas de parqueo del conjunto residencial, puede presentar cierto nivel de saturación, se recomienda construir unos lloraderos a este muro con el fin de aliviar sus esfuerzos debidos a la posible presencia del agua de filtración del tanque. Debido a que no se tiene la localización de este, es indispensable antes

de acometer algún tipo de obra en esta zona, establecer la localización exacta de esta estructura.

## **6.6. PLAN DE MONITOREO**

Se considera necesario un monitoreo periódico del comportamiento estructural de los edificios que componen la unidad residencial, así como de los asentamientos diferenciales. Este monitoreo consistirá en un control topográfico periódico de verticalidad de los bloques de apartamentos, utilizando para este fin los puntos de referencia ubicados en el sitio, específicamente los puntos 2, 3, 5 y 7, que se muestran en la Figura 5.1. Este control de verticalidad deberá estar acompañado de un estudio estructural detallado que permita establecer las tolerancias correspondientes. Además, se recomienda en caso de aparecer fisuras en los muros de fachada, la colocación de señales de lectura directa. Estas señales pueden elaborarse en material transparente, de 5 x 10 cm aproximadamente, en las cuales se ha marcado previamente una red milimetrada de líneas (en acetato por ejemplo). Finalmente, se colocan señales sobrepuestas, a cada lado de la fisura, debidamente adheridas a la pared. Periódicamente se hace un registro del estado o del movimiento relativo de las redes milimetradas.



## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Durante la ejecución del estudio fue posible observar una serie de patologías en la unidad residencial objeto de los trabajos, relacionadas con hundimientos en el adoquín de las zonas de parqueos y áreas comunes, asentamientos diferenciales evidenciados en la separación entre los Bloques 3 y 4, así como daños menores en las escaleras de conexión entre los edificios que componen los bloques, y la deformación superficial del terreno en una zona verde aledaña al Bloque 4 de la unidad residencial.

De acuerdo a la investigación realizada, se identificaron tres problemas independientes que pueden estar causando las patologías descritas. El primero de ellos, relacionado con los hundimientos observados en las zonas de adoquines, se debe fundamentalmente a la baja calidad del material de fundación de esta zona, compuesto por un relleno arcilloso de 2.0 m de espesor aproximado, en estado suelto y con una humedad alta.

Luego de los correspondientes análisis de estabilidad para la zona, basados en los estudios geológico y geotécnico, y los altos valores de factores de seguridad obtenidos, se determinó, que el asentamiento diferencial que se presenta entre los Bloques 3 y 4, no es debido problemas de inestabilidad en la zona, sino al menor confinamiento de la fundación en el extremo sur de los edificios del Bloque 4 de la unidad residencial. Adicionalmente, se presentan en los bloques algunos defectos constructivos menores en las zonas de escaleras, que al momento del estudio no comprometen la estabilidad estructural de los edificios.

Teniendo en cuenta la inspección realizada, se determinó que la deformación superficial del terreno observada en la zona verde aledaña al Bloque 4, en el extremo oriental, pudo ser causada por el daño en una tubería, aparentemente de aguas lluvias, que se encuentra en el sitio. Igualmente, durante la exploración del subsuelo realizada en la zona de parqueo, se encontró el estrato de arcilla subyacente al relleno en mención, contaminado aparentemente por aguas negras. De esta forma, se presume pueden existir problemas con el manejo de aguas en la zona de estudio.

Considerando los tres problemas descritos, se recomienda para el caso del adoquinado en las zonas de parqueo y áreas comunes, la reconfiguración del material en estos sitios y se propone una estructura para tal fin.

Se recomienda la instalación de una serie de pilotes en toda la franja adyacente a los edificios del Bloque 4 de la unidad residencial, en la zona adyacente a la ladera del extremo sur. Adicionalmente, se proponen una serie de medidas correctivas para corregir los defectos constructivos menores identificados mediante la evaluación estructural.

Se considera de gran importancia una inspección detallada de todas las redes de acueducto, alcantarillado y aguas lluvias existentes en la unidad residencial. Esta inspección deberá ser realizada prontamente ya que de presentarse infiltraciones en la zona puede comprometer a futuro la estabilidad, fundamentalmente en la zona de ladera.

Se recomienda realizar un monitoreo periódico del comportamiento estructural de los edificios, así como de los asentamientos diferenciales. Este monitoreo consistirá en un control topográfico periódico de verticalidad de los bloques de apartamentos y seguimiento a fisuras en los muros de los edificios en caso de presentarse.

## 8. REFERENCIAS

ACHILLEOS, E. (1988). *User Guide for PC STABL 5M*. Purdue University. West Lafayette. Indiana.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ (1994). *Agendas Locales Ambientales. Localidad 18, Rafael Uribe*

DPAE (2002). *Diagnóstico Técnico No. DI – 1526. Informe de Visita Técnica.*

DPAE (2002). *Diagnóstico Técnico No. DI – 1578. Informe de Visita Técnica.*

HOEK, B., BRAY, J. (1981). *Rock Slope Engineering*. The Institution of Mining and Metallurgy. London.

INGEOCIM Ltda. (1998). *Zonificación de Riesgo por Inestabilidad del terreno para diferentes localidades de Bogotá*. UPES – FOPAE.

INGEOMINAS, UPES, DNPAD (1997). *Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá*. Convenio Interadministrativo 01-93.

INGECIENCIAS S.A. (1994). *Estudio de Suelos. Proyecto Santa Sofía. Carrera 12 Sur Transv. 13 F / Diagonal 42 C Sur*. Bogotá.

JULIVERT, M. (1963). *Mapa Geológico del Extremo Sur de la Sabana de Bogotá*.

KNAPTON, J. (1988). *Seminario Internacional de Adoquines de Concreto*. Instituto Colombiano de Productores de Cemento. Bogotá.

**PROYECTO :** Estudio Geotécnico y Planeamiento de las obras correctivas en el Barrio La Resurrección - Unidad Residencial Santa Sofia Sur  
**PERFORACIÓN No:** APS-1  
**UBICACIÓN:** Parquedero, parte baja

Hoja No.: 1 de 1  
 Fecha: 20 de Nov/2002

PROF. m	MUESTRA			No.	Perfil Promedio	DESCRIPCIÓN	SPT			VELETA	
	DE	A	Tipo				N/6"	N/6"	N/6"		
0.00	0.2	0.4		1		Material granular (recebo) arcillo limoso de color habano					
0.35	0.6	0.8		2		Relleno arcillo limoso, habano grisáceo, húmedo y en estado suelto					
1.00	1.3	1.5		3							
2.00	2.2	2.6		4							
2.6	3.1			5		Arcilla limo arenosa, de color gris claro con oxidaciones, húmeda, plasticidad media a alta, consistencia media	6	6	7		
3.00	3.6	3.9		6							
4.00	4.0	4.6		7		Arena fina limosa de color gris claro, de baja compacidad	3	2	3		
4.9	5.2			8							
5.00						Arena de grano medio a grueso, de color habano grisáceo con alta oxidación	3	6	13		
6.00											
7.00											
8.00											
9.00											
10.00											

**OBSERVACIONES:** La exploración se desarrolló en forma de apique hasta los 2.50 m de profundidad, desde donde se continuó en forma de sondeo barreno  
 No se encontró nivel freático

Shelby



Split Spoon











Bolsa



**PROYECTO :** Estudio Geotécnico y Planeamiento de las obras correctivas en el Barrio La Resurrección - Unidad Residencial Santa Sofía Sur  
**PERFORACIÓN No:** APS-2  
**UBICACIÓN:** Parqueadero, zona de hundimiento

Hoja No.: 1 de 1  
 Fecha: 20 de Nov/2002

PROF. m	MUESTRA				Perfil Promedio	DESCRIPCIÓN	SPT			VELETA
	DE	A	Tipo	No.			N/6"	N/6"	N/6"	
0.00						Arcilla limosa de color gris claro con planos de oxidación, fisurada				
1.6	1.75		1							
2.6	2.8		2							
3.2	3.35		3		Arcillolita limosa con algo de arena y algunos planos de oxidación, baja humedad, consistencia dura					
3.7	4.1		4							
4.1	4.55		5				16	19	23	
4.55	5.0		6				26	32	46	
5.00										
6.00										
7.00										
8.00										
9.00										
10.00										

**OBSERVACIONES:** La exploración se desarrolló en forma de apique hasta los 2.50 m de profundidad, desde donde se continuó en forma de sondeo barreno  
 No se encontró nivel freático

Shelby



Split Spoon

















Bolsa



**PROYECTO :** Estudio Geotécnico y Planeamiento de las obras correctivas en el Barrio La Resurrección - Unidad Residencial Santa Sofía Sur  
**PERFORACIÓN No:** APS-3  
**UBICACIÓN:** Costado sur-occidental del jardín infantil

Hoja No.: 1 de 1  
 Fecha: 20 de Nov/2002




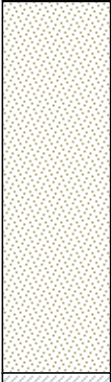





PROF. m	MUESTRA				Perfil Promedio	DESCRIPCIÓN	SPT			VELETA	
	DE	A	Tipo	No.			N/6"	N/6"	N/6"		
0.00						Relleno de arcilla limosa con escombros de construcción y abundantes raíces de baja compacidad					
1.50	1.5	1.9		1		Arcilla limosa con arena, color gris habano con oxidaciones, plasticidad media a baja con presencia de raíces					
2.00	1.9	2.4		2		Arcilla limosa de color café oscuro, orgánica, plasticidad media a alta, consistencia firme con algo de arena y presencia de raíces	14	22	30		
2.60	2.6	3.0		3		Arcilla limosa con arena de color habano, plasticidad media, consistencia firme					
3.00	3.0	3.45		4		Arena fina limosa gris habana de compacidad media	21	15	13		
3.60	3.6	4.05		5		Arena fina limosa gris habana de compacidad media	22	18	25		
4.00	4.1	4.55		6		Arena de grano medio, algo limosa de color habano con oxidaciones, compacidad alta	20	25	30		
4.60	4.6	5.05		7		Arena de grano medio, algo limosa de color habano con oxidaciones, compacidad alta	28	35	32		
5.00											
6.00											
7.00											
8.00											
9.00											
10.00											

**OBSERVACIONES:** La exploración se desarrolló en forma de apique hasta los 2.50 m de profundidad, desde donde se continuó en forma de sondeo barreno. No se encontró nivel freático.



PROF. m	MUESTRA			No.	Perfil Promedio	DESCRIPCIÓN	SPT			VELETA		
	DE	A	Tipo				N/6"	N/6"	N/6"			
0.00						Relleno limo orgánico habano grisáceo con escombros y raíces, compacidad y humedad media						
1.00	1.2	1.6		1		Arcilla limosa gris clara con algo de arena, plasticidad alta, consistencia media a firme, humedad baja						
	1.6	2.05		2								
2.00	2.6	3.0		3								
	3.0	3.45		4								
	3.45	3.9		5								
	3.9	4.35		6				Lente de arena amarilla de grano fino y medio				
4.00	4.35	4.8		7				Arcilla limosa gris clara con oxidaciones v algunas fisuras, plasticidad alta v consistencia firme				
	4.8	5.2		8								
5.00						Arena amarilla de grano fino v medio, compacidad alta						
6.00												
7.00												
8.00												
9.00												
10.00												

**OBSERVACIONES:** No se encontró nivel freático







PROF. m	MUESTRA			No.	Perfil Promedio	DESCRIPCIÓN	SPT			VELETA	
	DE	A	Tipo				N/6"	N/6"	N/6"		
0.00						Relleno con escombros, desechos de construcción y basuras, de baja compacidad					
1.00						Limo orgánico negro con raíces. consistencia media y humedad baja					
1.8	2.25			1		Arena de grano fino con algo de limo gris habana , compacidad alta, consistencia firme humedad baja	2	4	4		
2.00	2.25	2.7		2			10	14	19		
3.00	3.2	3.7		3		Arcilla arenosa de color gris, consistencia firme, humedad baja	14	15	17		
4.00	4.2	4.65		4			13	15	17		
5.00	5.0	5.45		5			17	19	21		
6.00											
7.00											
8.00											
9.00											
10.00											

**OBSERVACIONES:** No se encontró nivel freático








**PROYECTO :** Estudio Geotécnico y Planeamiento de las obras correctivas en el Barrio La Resurrección - Unidad Residencial Santa Sofía Sur  
**PERFORACIÓN No.:** AP-1  
**UBICACIÓN:** Al respaldo del Bloque 4

Hoja No.: 1 de 1  
 Fecha: 11 de Dic/2002

PROF. m	MUESTRA			No.	Perfil Promedio	DESCRIPCIÓN	SPT			VELETA	
	DE	A	Tipo				N/6"	N/6"	N/6"		
0.00						Relleno heterogéneo; limo arcilloso con escombros de construcción, gris oscuro, compacidad media a blanda					
1.00	1.2	1.5		1		Arcilla arenosa de color gris habano. consistencia media. humedad media: presenta raices					
2.00	2.2	2.6		2		Arcilla limosa con material orgánico gris, consistencia blanda y humedad alta					
						Arcilla arenosa gris habana, consistencia y humedad medias					
3.00											
4.00											
5.00											
6.00											
7.00											
8.00											
9.00											
10.00											

**OBSERVACIONES:** No se encontró nivel freático

**PROYECTO :** Estudio Geotécnico y Planeamiento de las obras correctivas en el Barrio La Resurrección - Unidad Residencial Santa Sofía Sur  
**PERFORACIÓN No:** AP-2 Hoja No.: 1 de 1  
**UBICACIÓN:** Jardín Fecha: 11 de Dic/2002

PROF. m	MUESTRA			No.	Perfil Promedio	DESCRIPCIÓN	SPT			VELETA	
	DE	A	Tipo				N/6"	N/6"	N/6"		
0,00											
0,8	1,0			1		Relleno heteroqéneo: limo arcilloso con escombros de construcción gris oscuro					
2,0	2,4			2		Arcilla arenosa gris habana con oxidaciones, consistencia y humedad medias					
						Arena de grano fino y medio, gris carmelita, consistencia y humedad medias					
3,00											
4,00											
5,00											
6,00											
7,00											
8,00											
9,00											
10,00											

**OBSERVACIONES:** No se encontró nivel freático

Shelby



Split Spoon

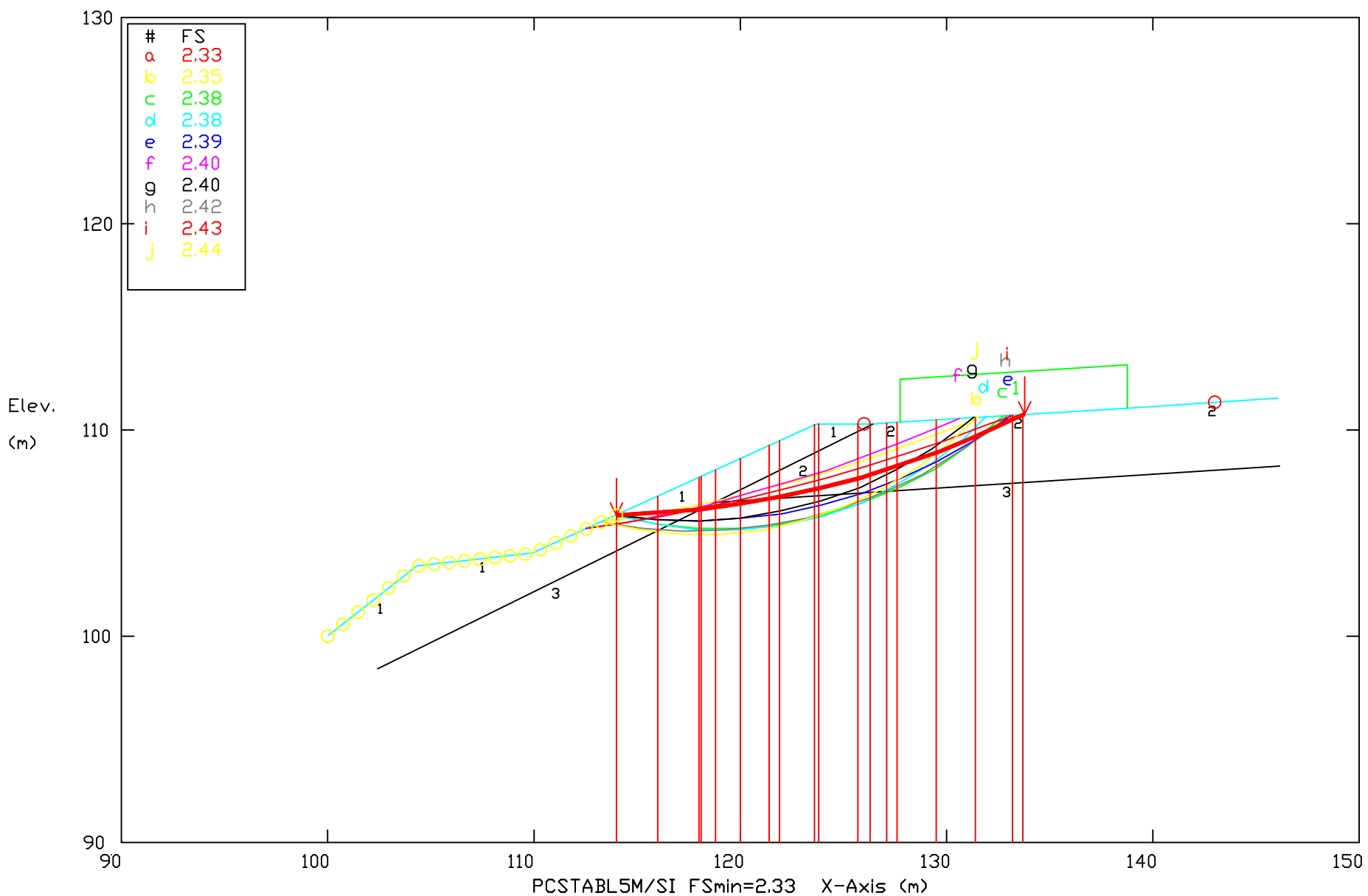


Bolsa



# Análisis No. 1

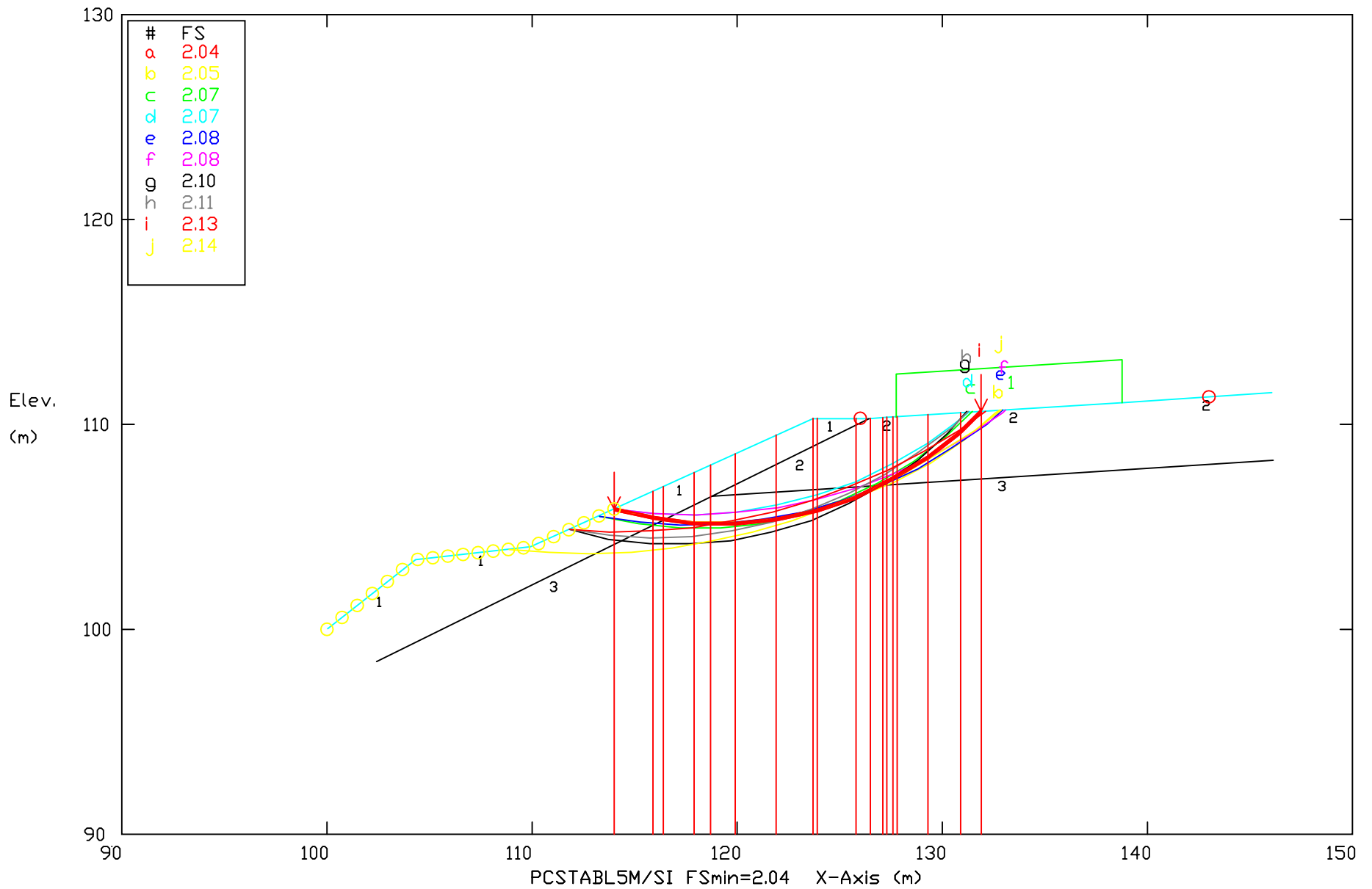
## Santa Sofia Analisis Sup. Circular



Soil Type No.	Label	Total Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Saturated Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1	Relleno	20	20	10	20	0	0	
2	Residual	22	22	27	23	0	0	
3	Rocoso	24	24	50	40	0	0	

# Análisis No.2

## Santa Sofia Analisis Sup. Circular

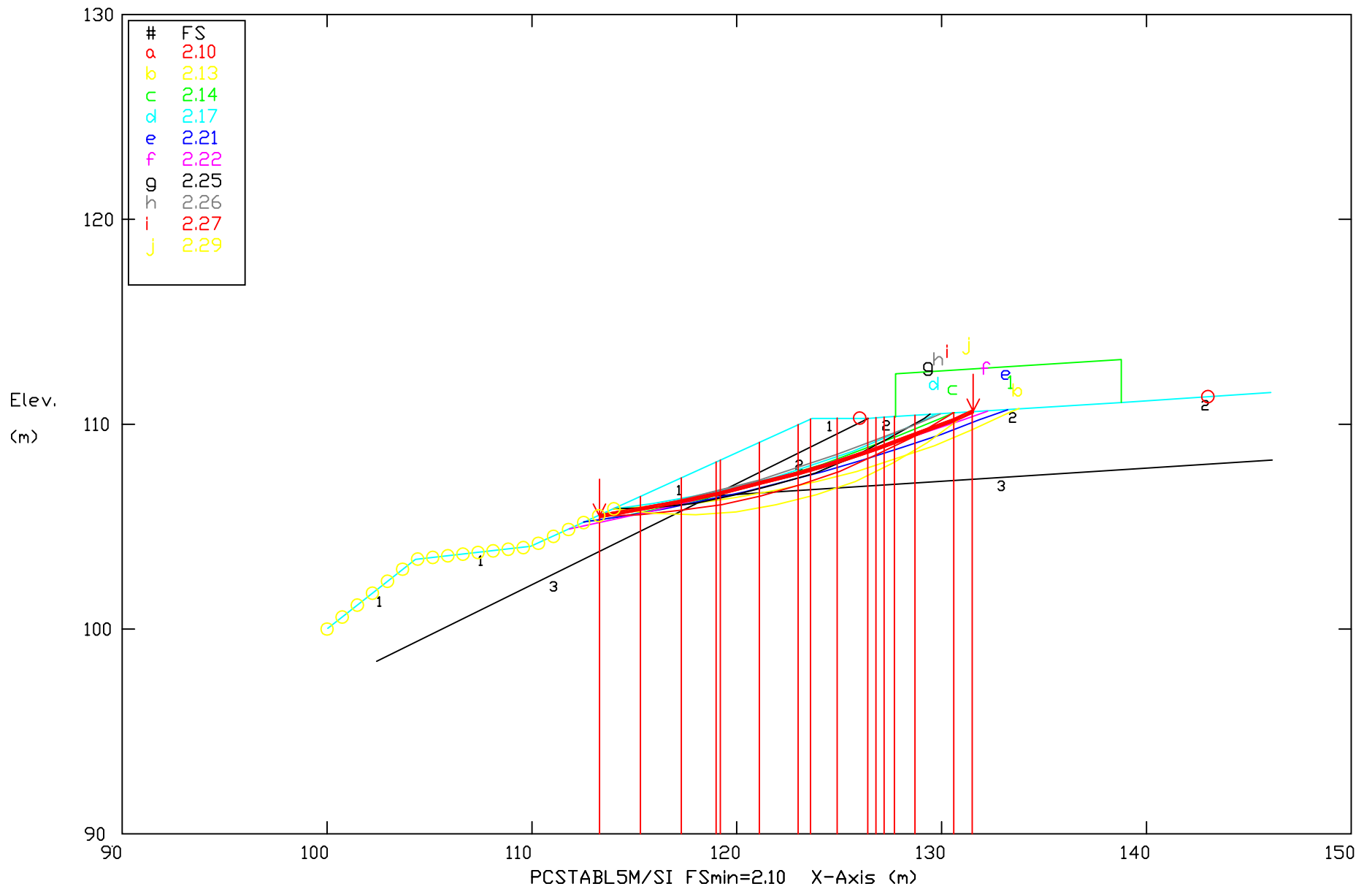


#	FS
a	2.04
b	2.05
c	2.07
d	2.07
e	2.08
f	2.08
g	2.10
h	2.11
i	2.13
j	2.14

Soil Type No.	Label	Total Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Saturated Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1	Relleno	20	20	10	20	0	0	
2	Residual	22	22	27	23	0	0	
3	Rocoso	24	24	25	40	0	0	

# Análisis No. 3

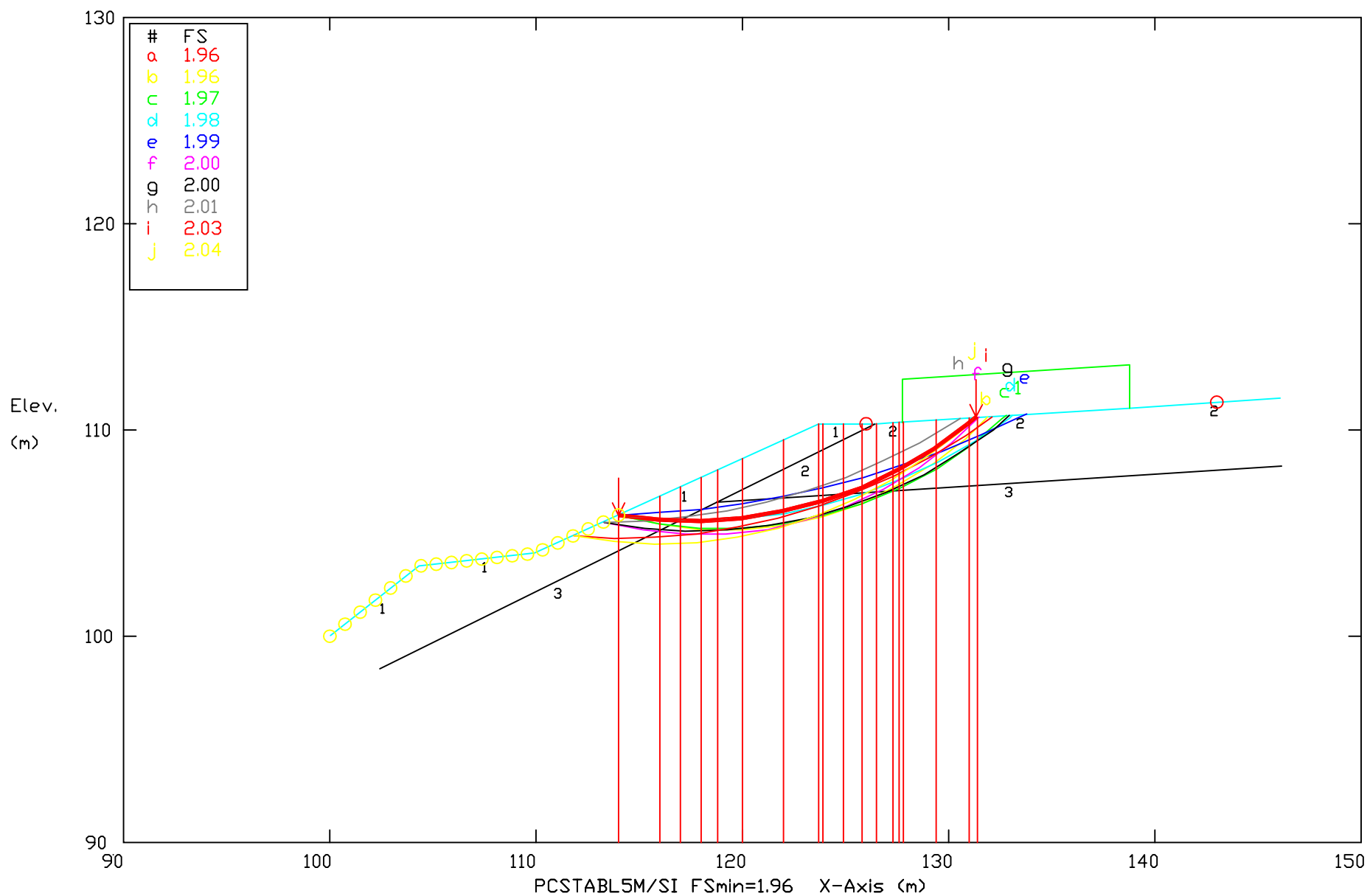
## Santa Sofia Analisis Sup. Circular



Soil Type No. Label	Total Unit Wt. (KN/m3)	Saturated Unit Wt. (KN/m3)	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1 Relleno	20	20	10	20	0	0	
2 Residual	22	22	27	23	0.5	0	
3 Rocoso	24	24	50	40	0	0	

# Análisis No. 4

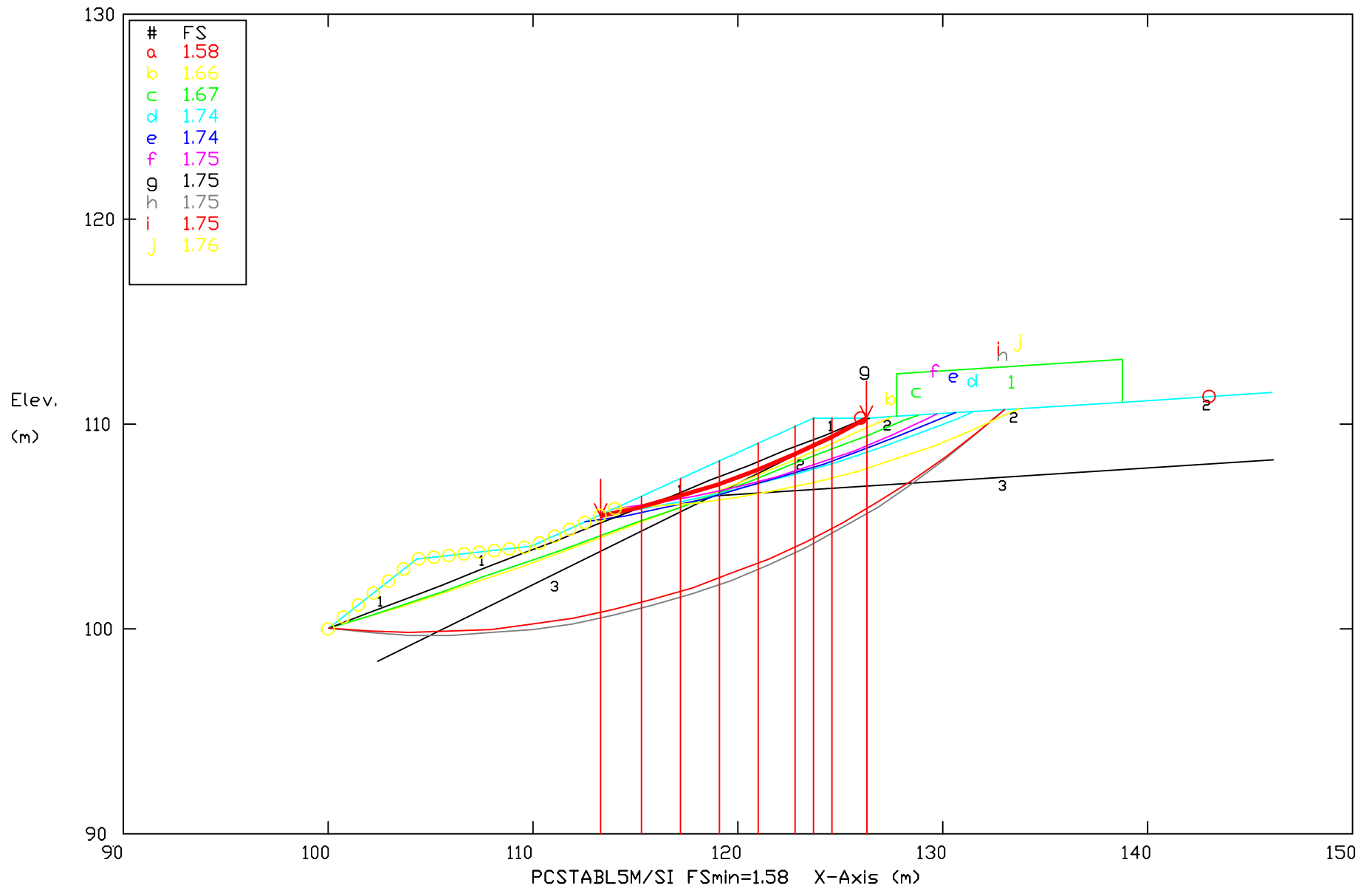
## Santa Sofia Analisis Sup. Circular



Soil Type No.	Label	Total Unit Wt. (KN/m3)	Saturated Unit Wt. (KN/m3)	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1	Relleno	20	20	10	20	0	0	
2	Residual	22	22	27	23	0.5	0	
3	Rocoso	24	24	25	40	0	0	

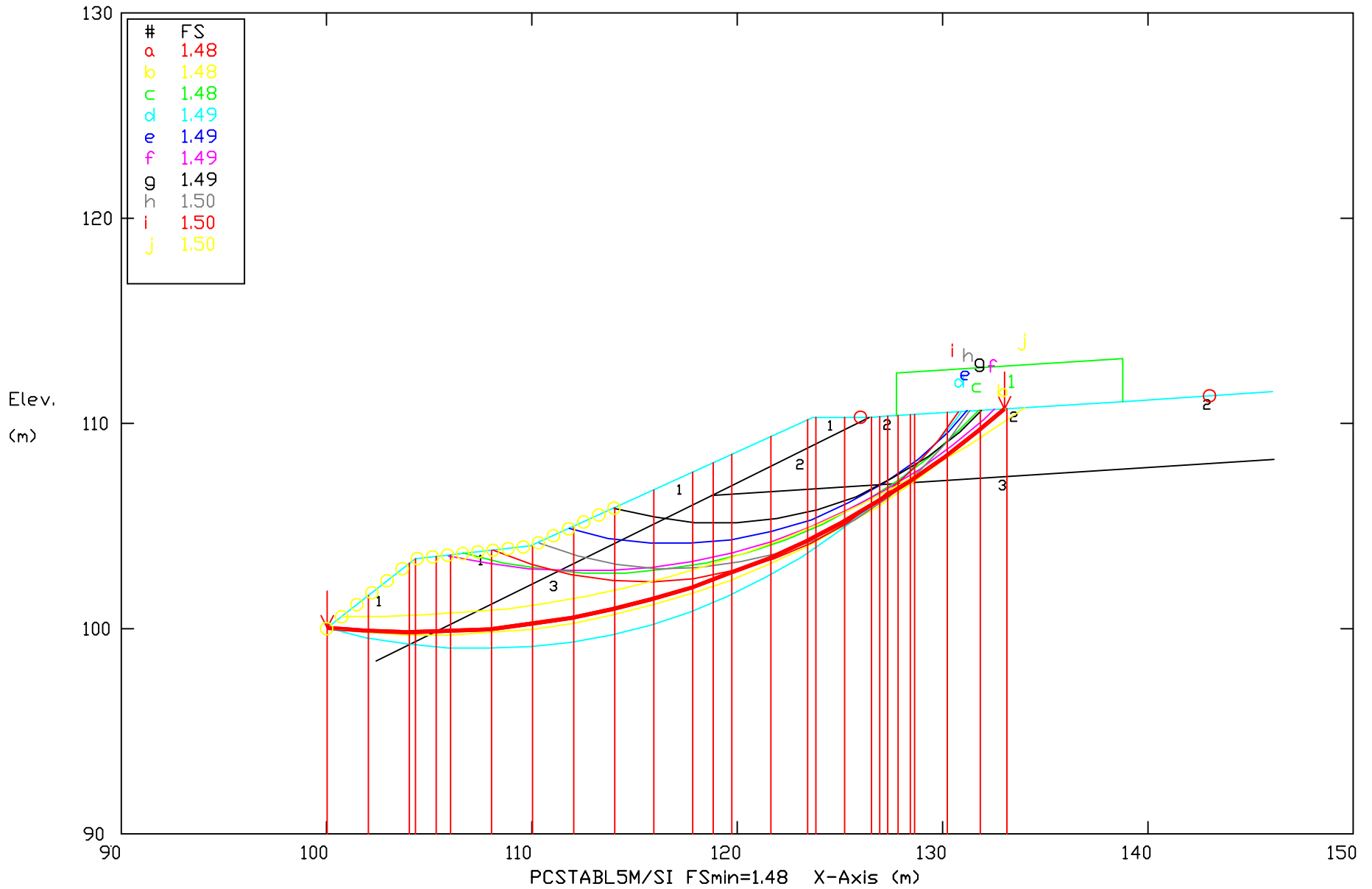
# Análisis No. 5

## Santa Sofia Analysis Sup. Circular



Soil Type No. Label	Total Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Saturated Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1 Relleno	20	20	10	20	0	0	
2 Residual	22	22	27	23	0	0	
3 Rocoso	24	24	50	40	0	0	

Análisis No. 6  
 Santa Sofia Analysis Sup. Circular

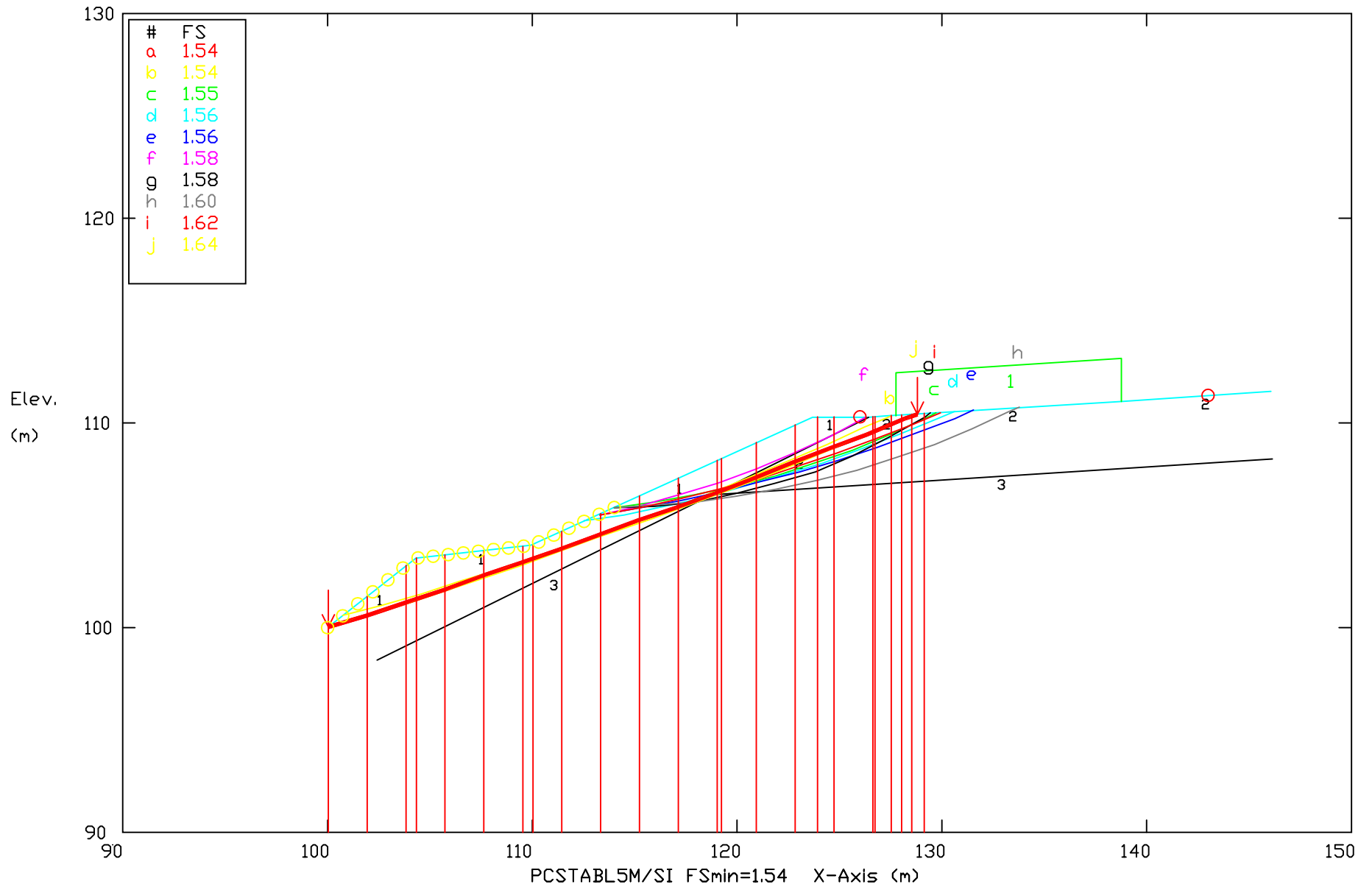


Soil Type No. Label	Total Unit Wt. (KN/m3)	Saturated Unit Wt. (KN/m3)	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1 Relleno	20	20	10	20	0	0	
2 Residual	22	22	27	23	0	0	
3 Rocoso	24	24	25	40	0	0	



# Análisis No. 7

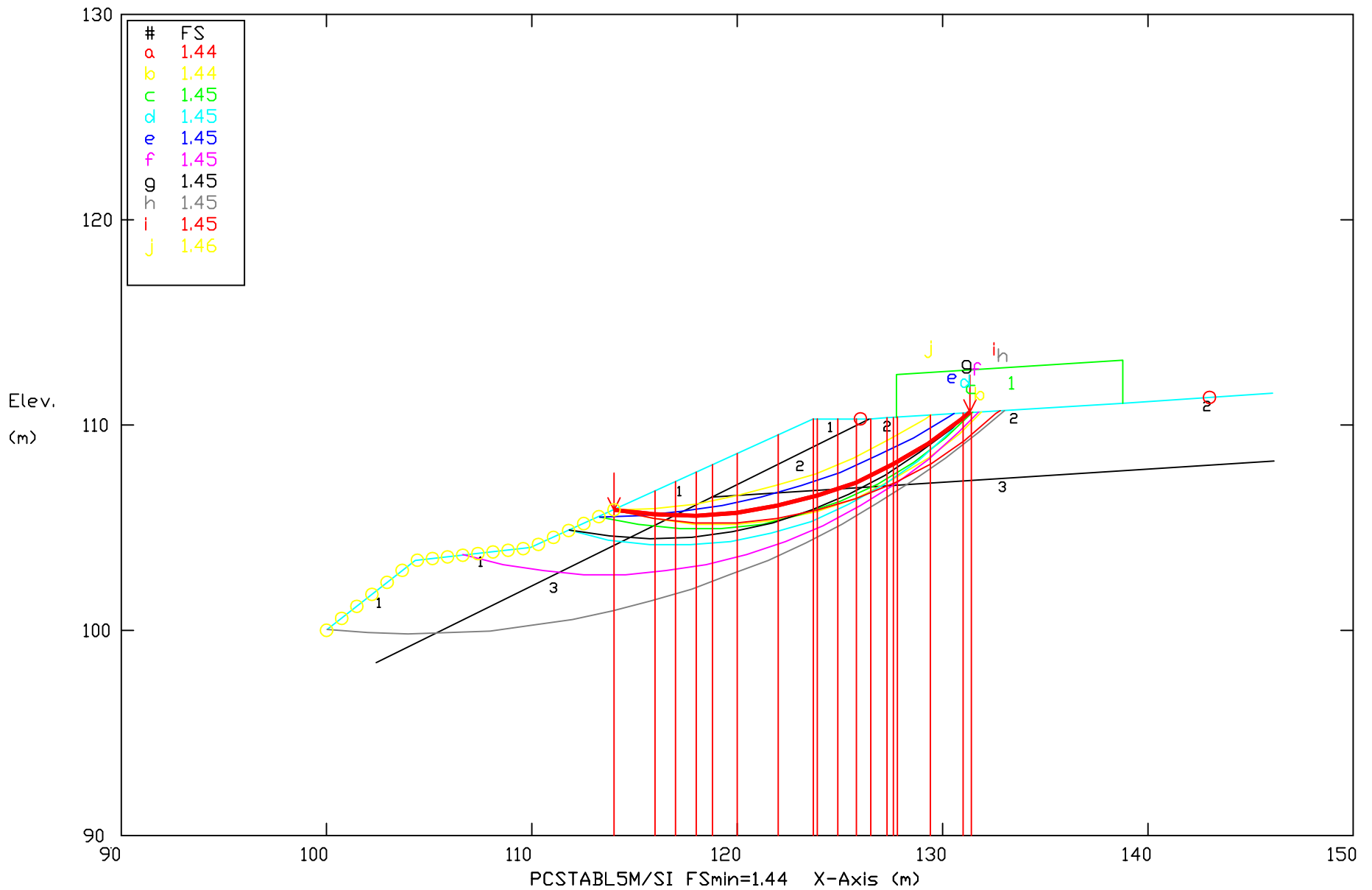
## Santa Sofia Analisis Sup. Circular



Soil Type No. Label	Total Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Saturated Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1 Relleno	20	20	10	20	0	0	
2 Residual	22	22	27	23	0.5	0	
3 Rocoso	24	24	50	40	0	0	

# Análisis No. 8

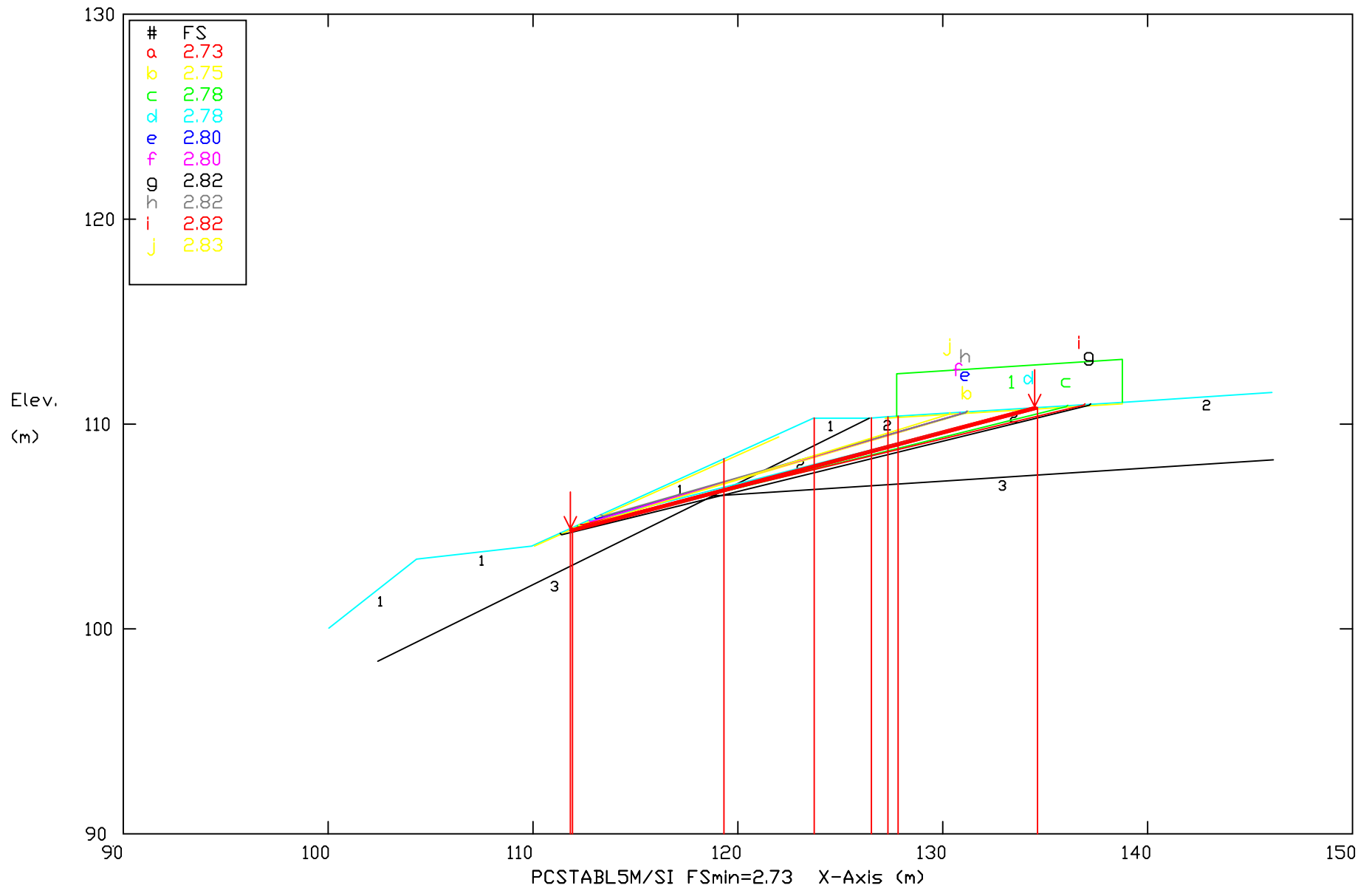
## Santa Sofia Analysis Sup. Circular



Soil Type No. Label	Total Unit Wt. (KN/m3)	Saturated Unit Wt. (KN/m3)	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1 Relleno	20	20	10	20	0	0	
2 Residual	22	22	27	23	0.5	0	
3 Rocoso	24	24	25	40	0	0	

# Análisis No. 9

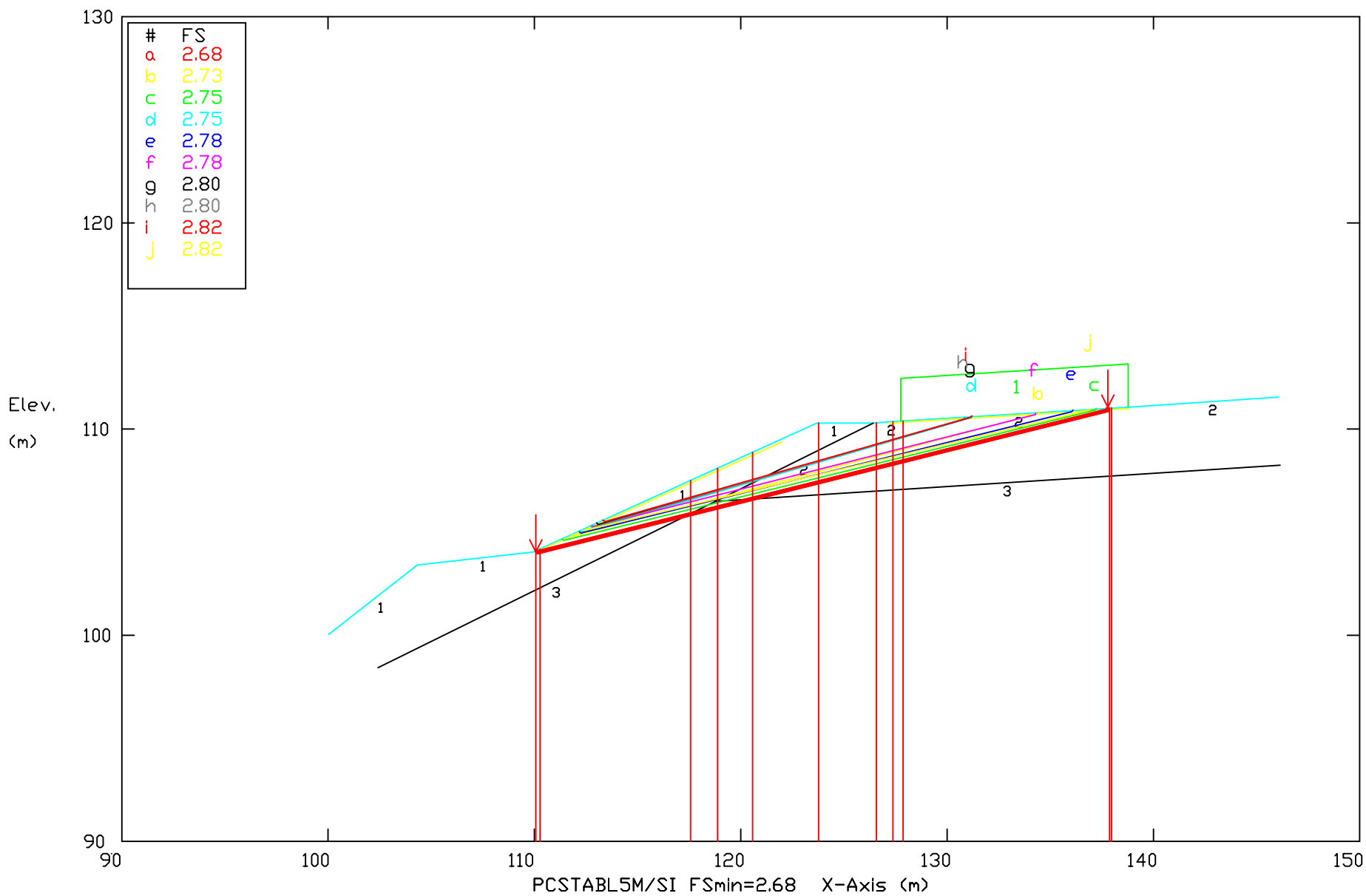
## Santa Sofia Analysis Sup. Plana



Soil Type No. Label	Total Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Saturated Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1 Relleno	20	20	10	20	0	0	
2 Residual	22	22	27	23	0	0	
3 Rocoso	24	24	50	40	0	0	

# Análisis No. 10

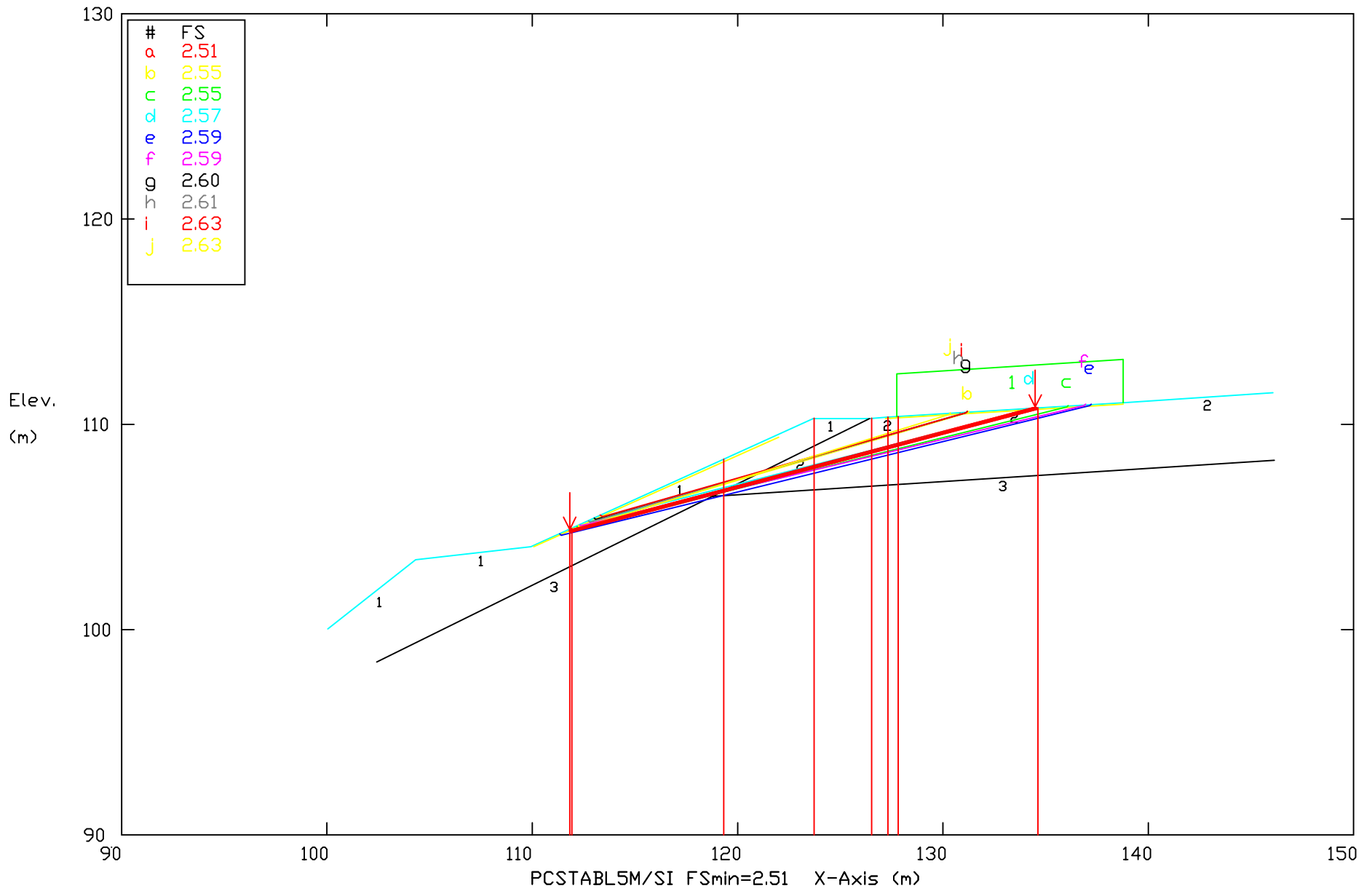
## Santa Sofia Analysis Sup. Plana



Soil Type No. Label	Total Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Saturated Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1 Relleno	20	20	10	20	0	0	
2 Residual	22	22	27	23	0	0	
3 Rocoso	24	24	25	25	0	0	

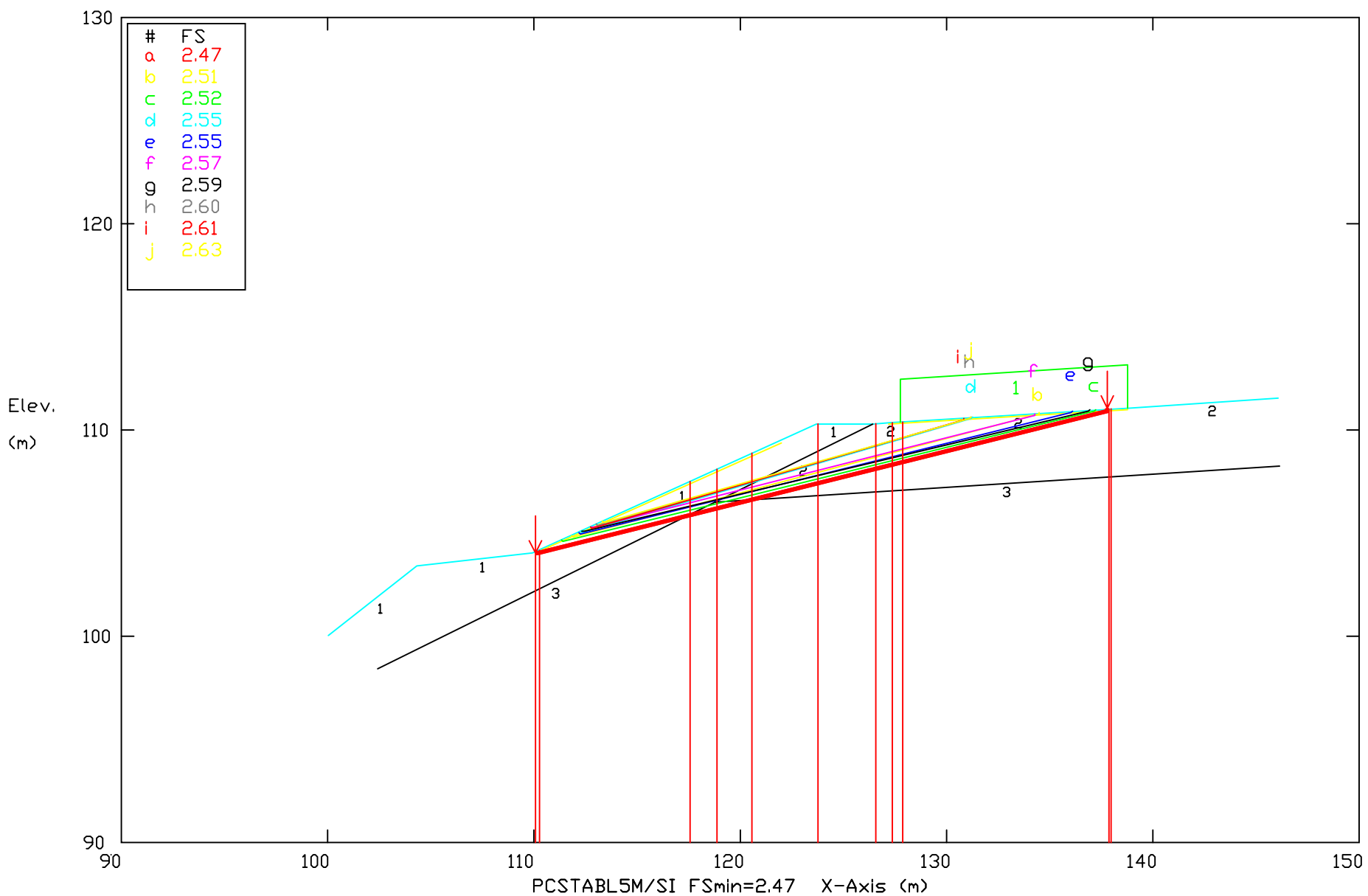
# Análisis No. 11

## Santa Sofia Analysis Sup. Plana



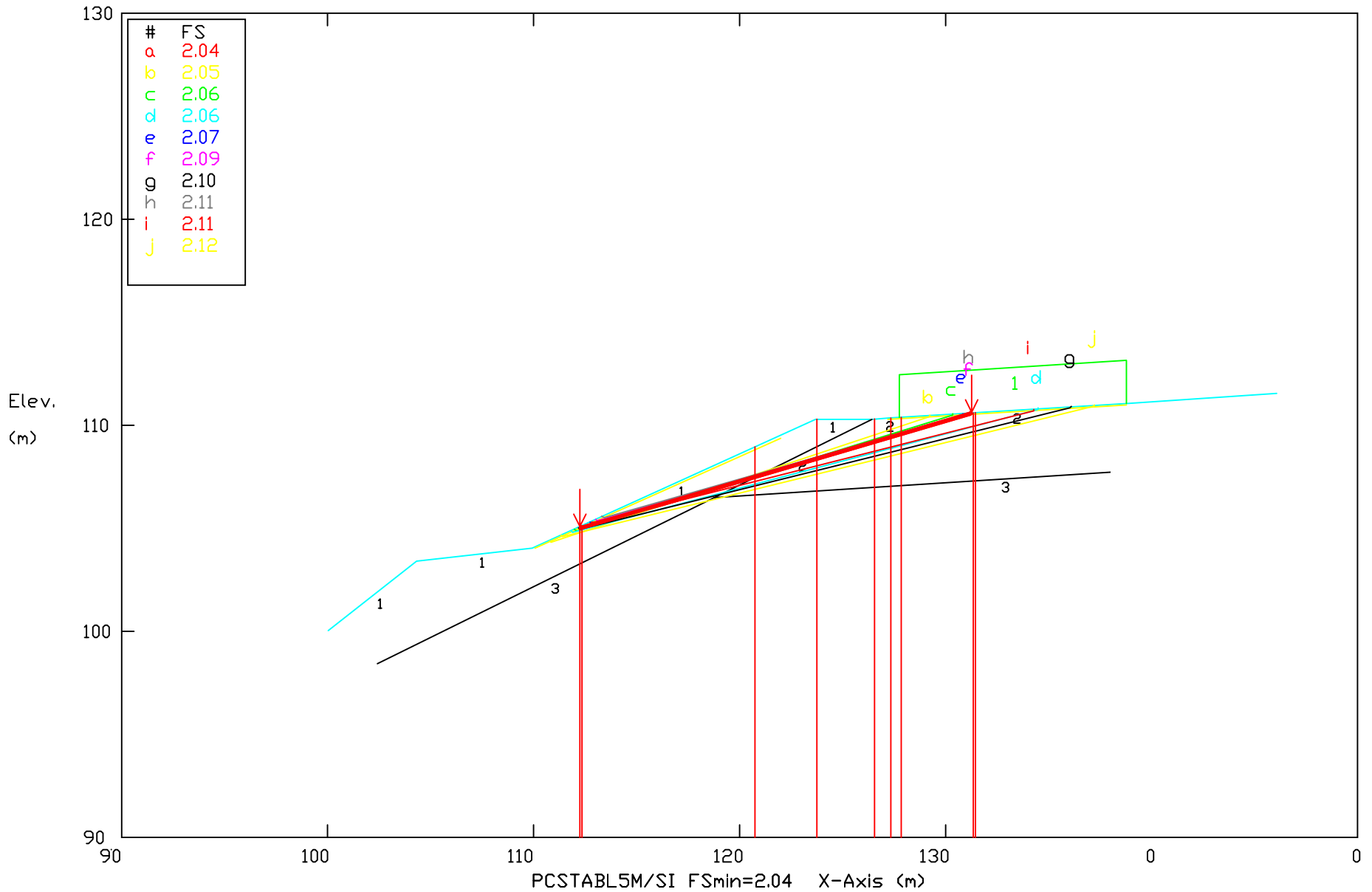
Soil Type No. Label	Total Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Saturated Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1 Relleno	20	20	10	20	0	0	
2 Residual	22	22	27	23	0.5	0	
3 Rocoso	24	24	50	40	0	0	

Análisis No. 12  
 Santa Sofia Analisis Sup. Plana



Soil Type No.	Label	Total Unit Wt. (KN/m3)	Saturated Unit Wt. (KN/m3)	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1	Relleno	20	20	10	20	0	0	
2	Residual	22	22	27	23	0.5	0	
3	Rocoso	24	24	25	25	0	0	

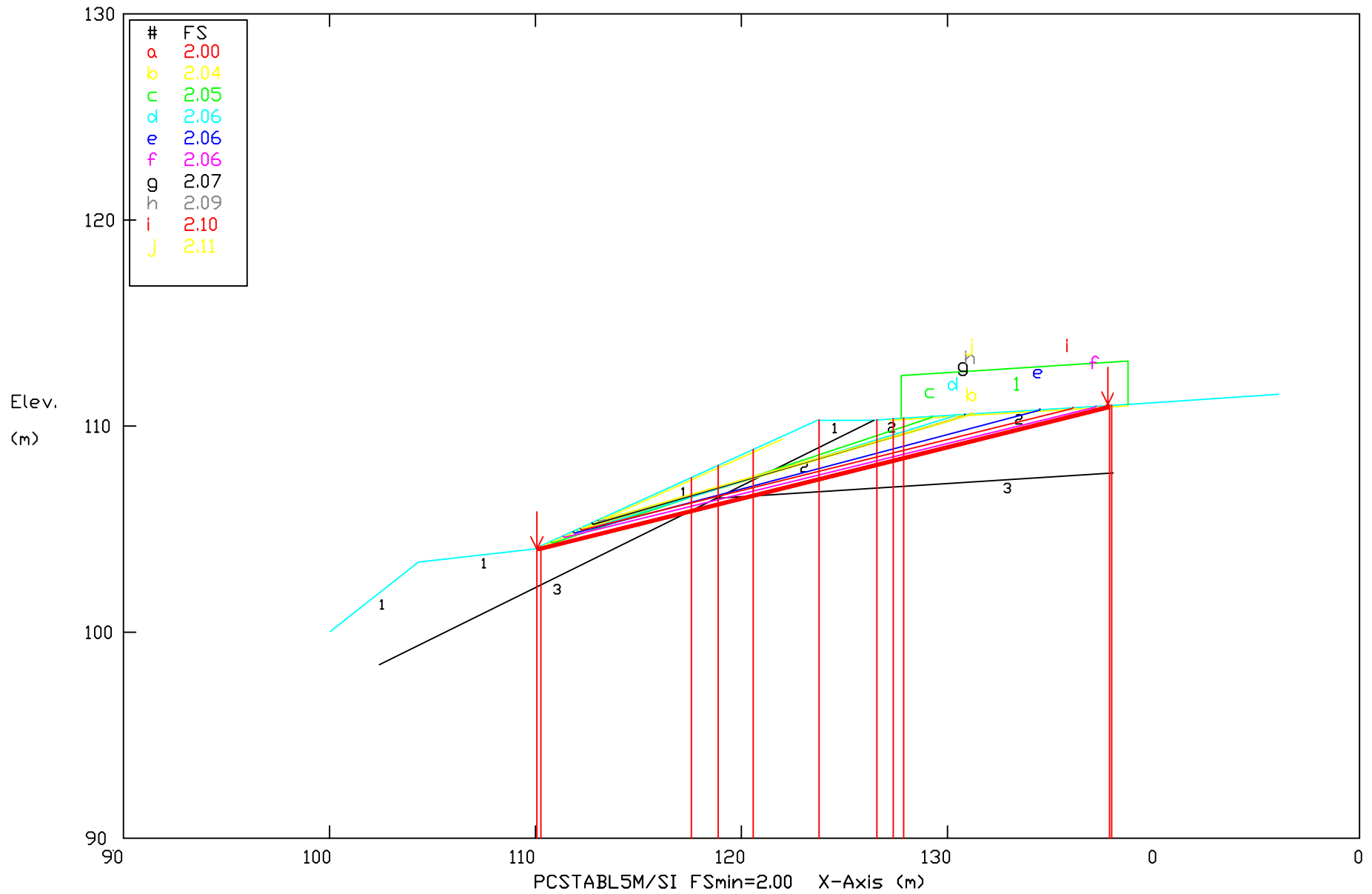
Análisis No. 13  
 Santa Sofia Analysis Sup. Plana



Soil Type No. Label	Total Unit Wt. (KN/m3)	Saturated Unit Wt. (KN/m3)	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressu Consto (KPa)	
1 Relleno	20	20	10	20	0	0	o
2 Residual	22	22	27	23	0	0	o
3 Rocoso	24	24	50	40	0	0	o

# Análisis No. 14

## Santa Sofia Analisis Sup. Plana

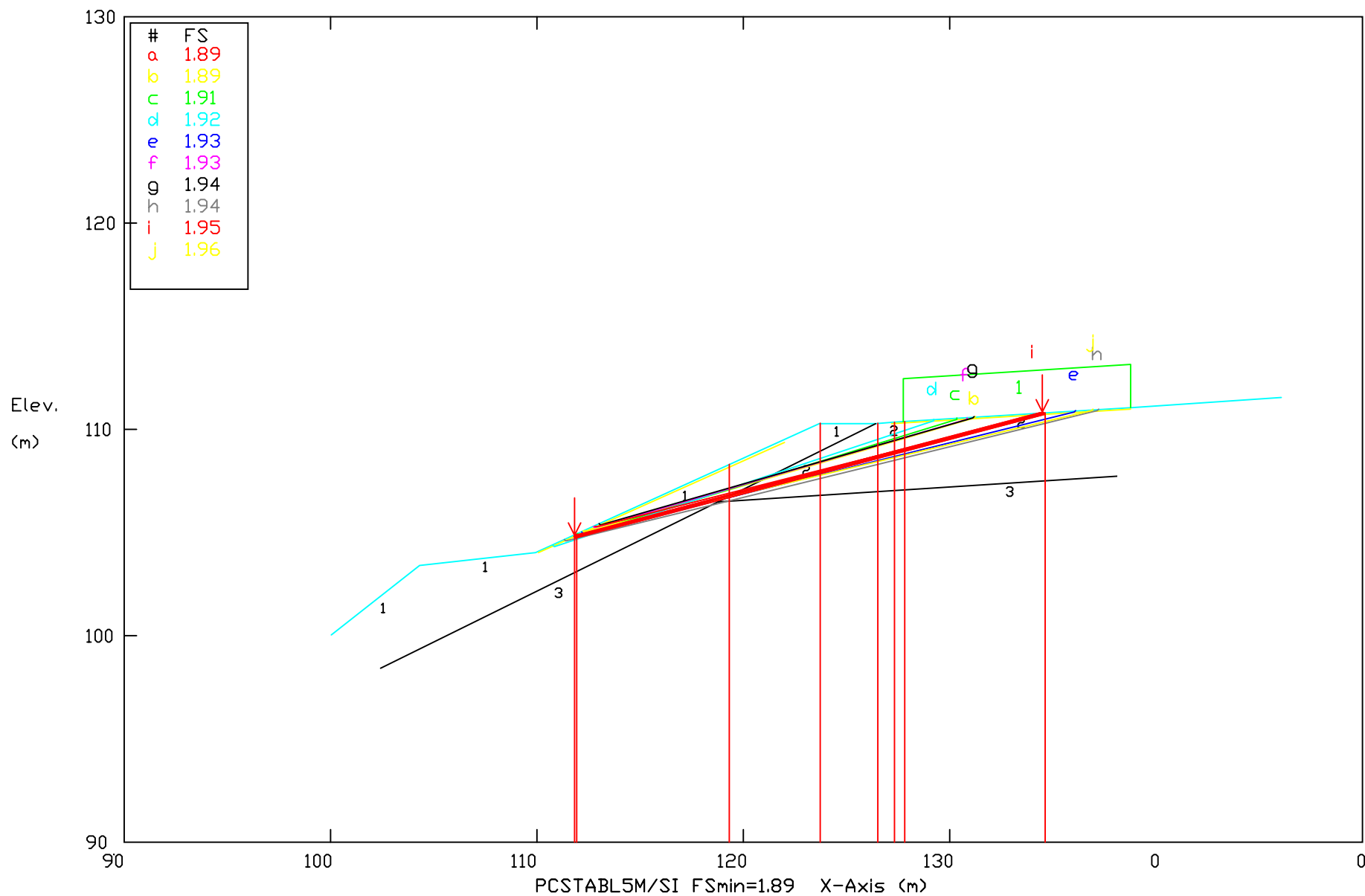


Soil Type No. Label	Total Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Saturated Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressu Consto (KPa)	
1 Relleno	20	20	10	20	0	0	o
2 Residual	22	22	27	23	0	0	
3 Rocoso	24	24	25	25	0	0	



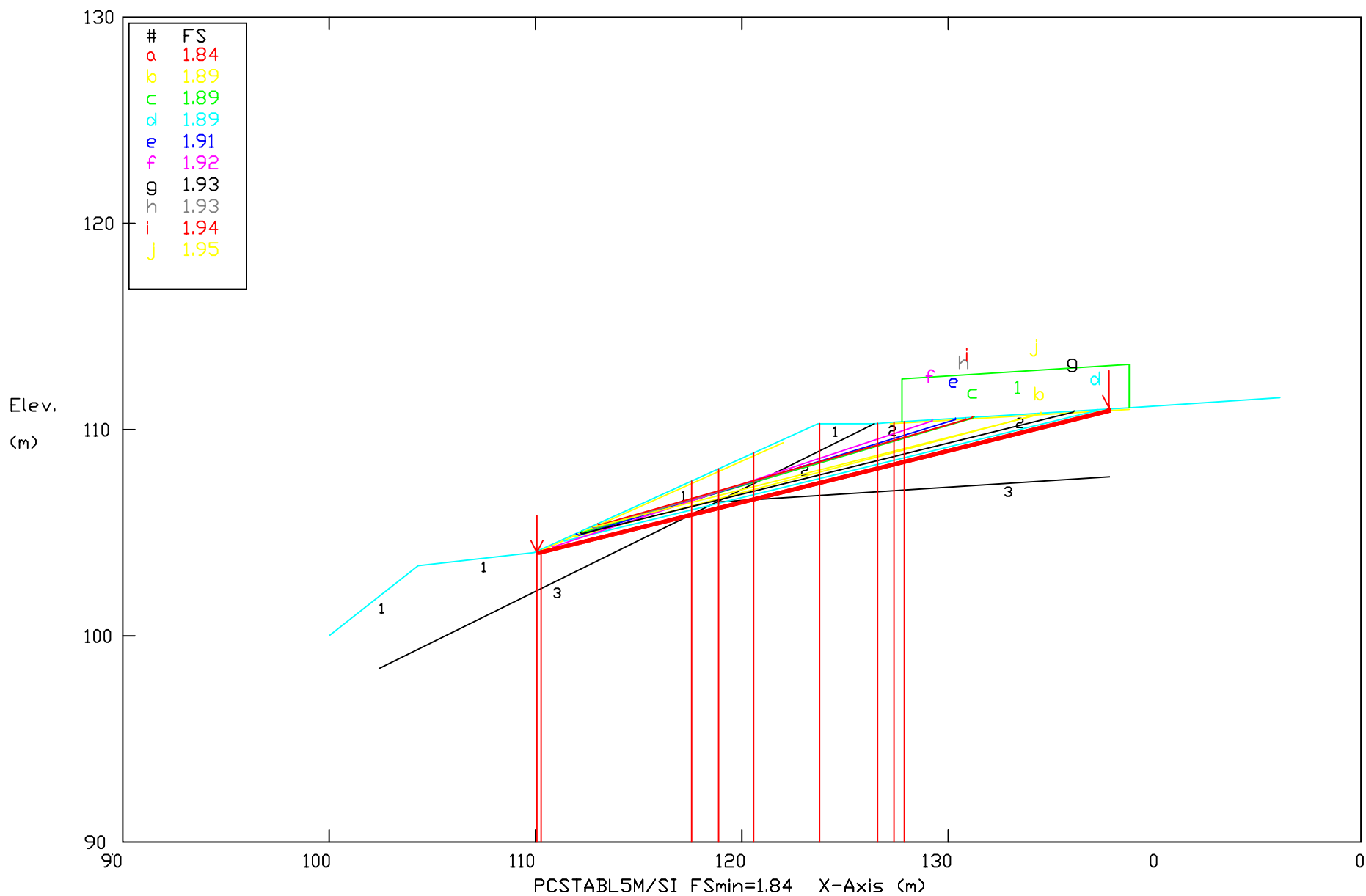
# Análisis No. 15

## Santa Sofia Analisis Sup. Plana



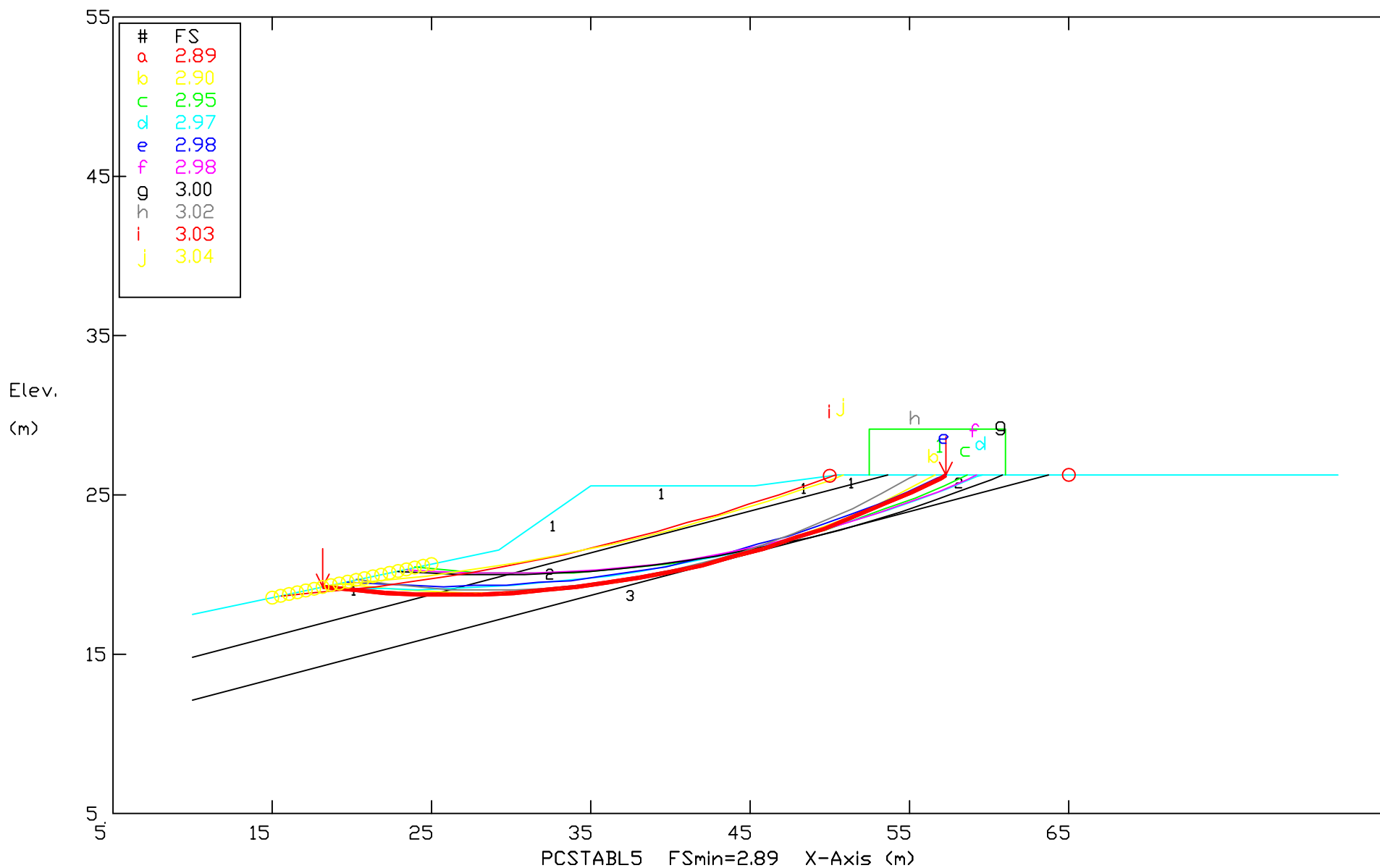
Soil Type No. Label	Total Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Saturated Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressu Consto (KPa)		
1 Relleno	20	20	10	20	0	0		
2 Residual	22	22	27	23	0.5	0		
3 Rocoso	24	24	50	40	0	0		

Análisis No. 16  
 Santa Sofia Analisis Sup. Plana



Soil Type No. Label	Total Unit Wt. (KN/m3)	Saturated Unit Wt. (KN/m3)	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Press Consto (KPa)		
1 Relleno	20	20	10	20	0	0		
2 Residual	22	22	27	23	0.5	0		
3 Rocoso	24	24	25	25	0	0		

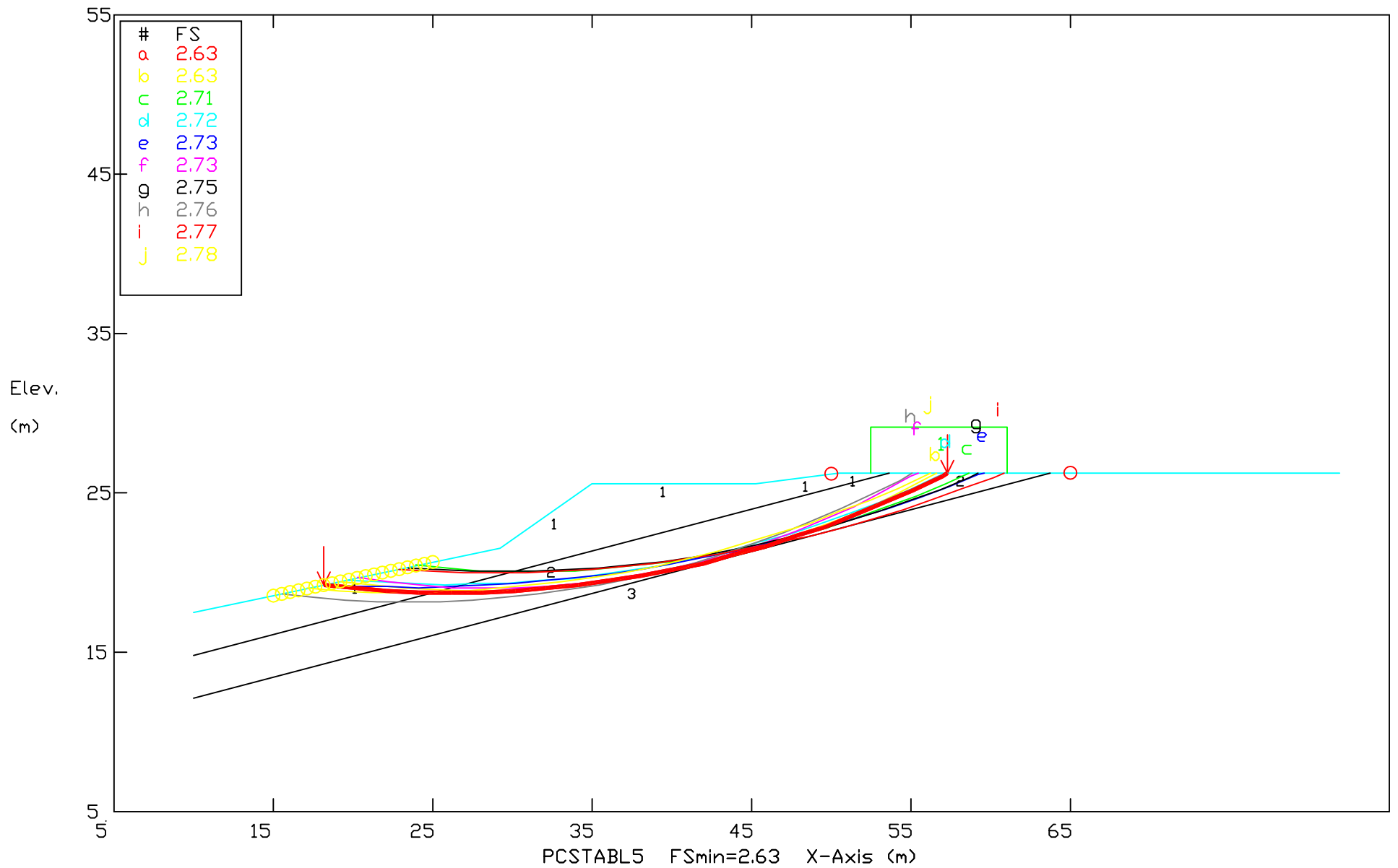
Análisis No. 17  
 Santa Sofia Sur - Sección YY



#	FS
a	2.89
b	2.90
c	2.95
d	2.97
e	2.98
f	2.98
g	3.00
h	3.02
i	3.03
j	3.04

Soil Type	Total Unit Wt. (KN/m3)	Saturated Unit Wt. (KN/m3)	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pres Cons o (KPa)	o
1 Relleno	20	20	10	20	0	0	
2 Residual	22	22	27	23	0	0	
3 Roca	24	24	25	40	0	0	

Análisis No. 18  
 Santa Sofia Sur - Sección YY

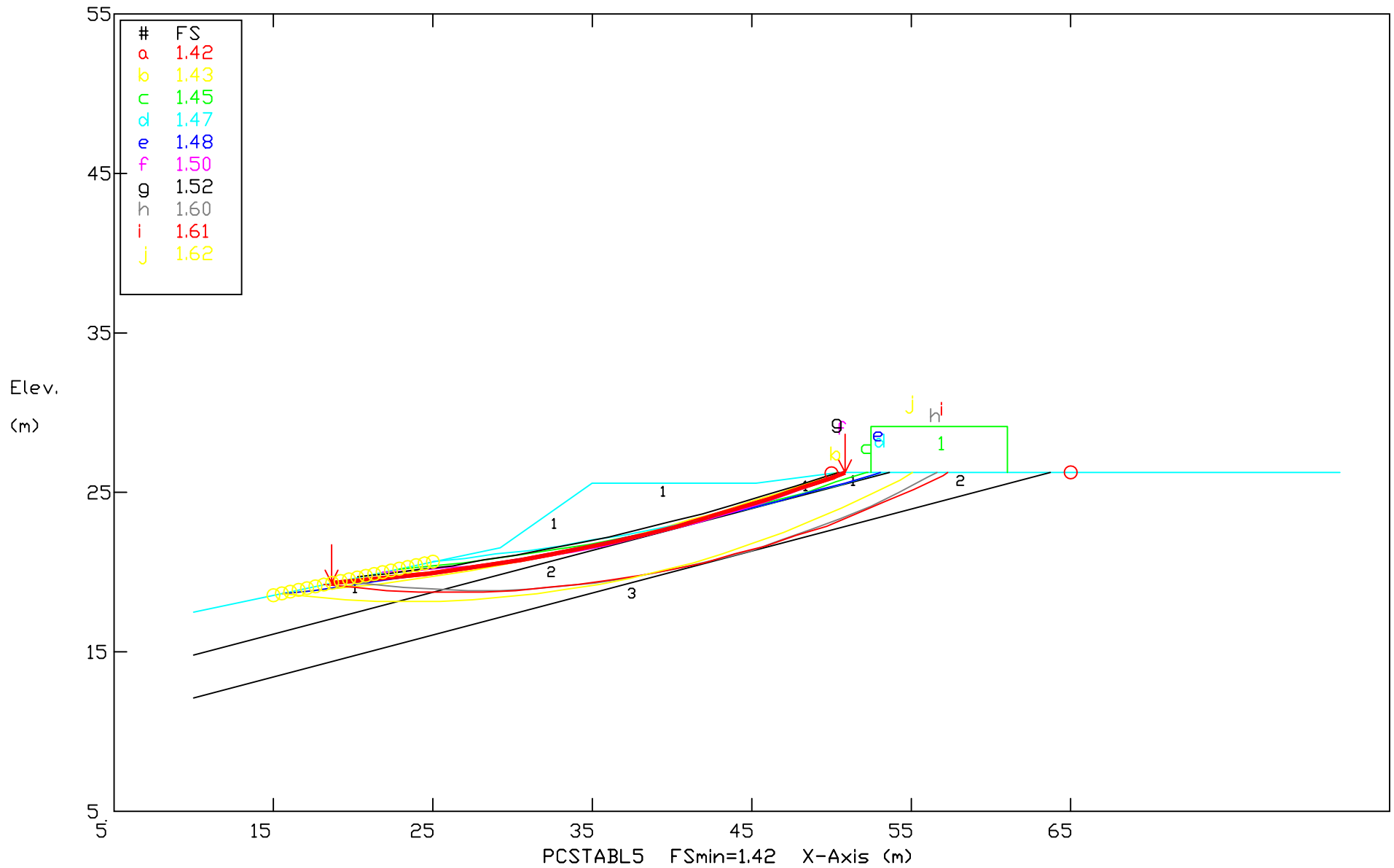


#	FS
a	2.63
b	2.63
c	2.71
d	2.72
e	2.73
f	2.73
g	2.75
h	2.76
i	2.77
j	2.78

Soil Type	Total Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Saturated Unit Wt. (KN/m <sup>3</sup> )	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pres Cons o (KPa)	o	o
1 Relleno	20	20	10	20	0	0		
2 Residual	22	22	27	23	0.2	0		
3 Roca	24	24	25	40	0	0		

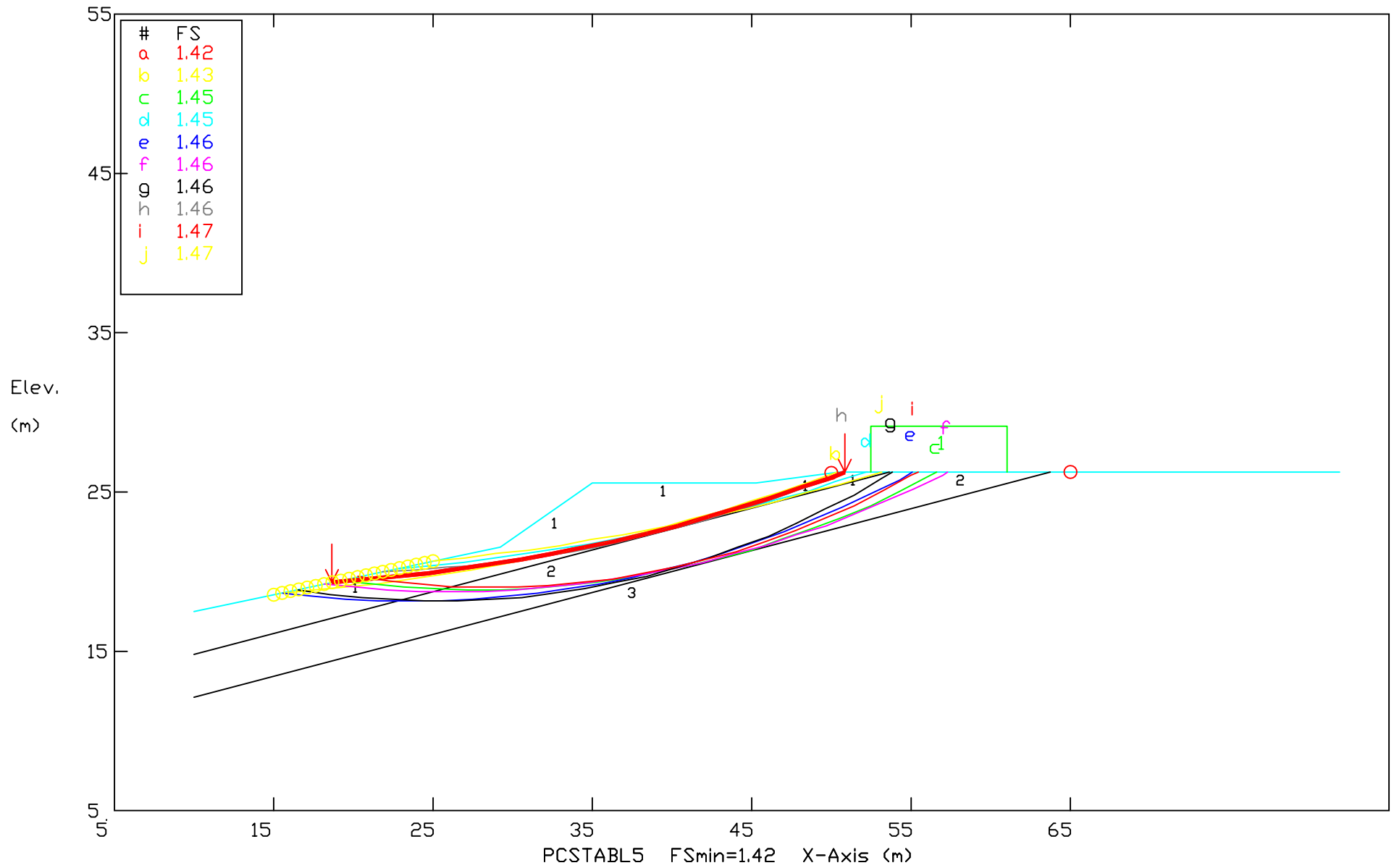
# Análisis No. 19

## Santa Sofia Sur - Sección YY



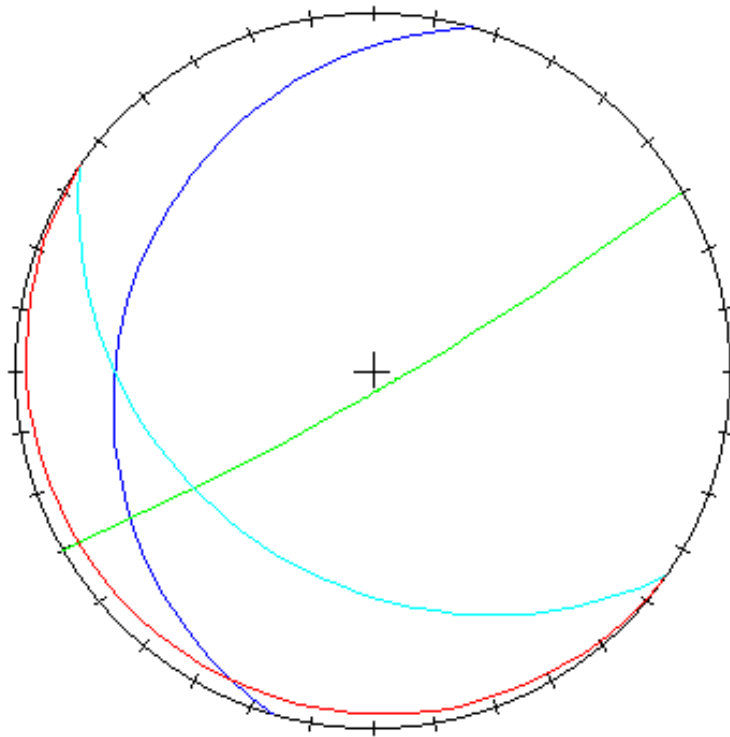
Soil Type No. Label	Total Unit Wt. (KN/m3)	Saturated Unit Wt. (KN/m3)	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pres Cons o (KPa)	o	o
1 Relleno	20	20	10	20	0	0		
2 Residual	22	22	27	23	0	0		
3 Roca	24	24	25	40	0	0		

Análisis No. 20  
 Santa Sofia Sur - Sección YY



Soil Type	Total Unit Wt. (KN/m3)	Saturated Unit Wt. (KN/m3)	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pres Cons o (KPa)	o
1 Relleno	20	20	10	20	0	0	
2 Residual	22	22	27	23	0.2	0	
3 Roca	24	24	25	40	0	0	

UNIDAD RESIDENCIAL SANTA SOFÍA SUR  
LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE



**Legend:**

	Dip Dir., Dip
—	Discontinuity 1: 286 , 19
—	Discontinuity 2: 150 , 84
—	Slope Face: 215 , 30
—	Upper Slope: 215 , 3

Equal Area Stereonet

UNIDAD RESIDENCIAL SANTA SOFIA SUR  
ANALISIS DE FALLA EN CUÑA - Material Seco

\*\*\*\*\* Summary \*\*\*\*\*

Rock Unit Weight = 18

Unit Weight of Water = 10

Slope Crest Height = 10

Slope face does not overhang toe.

Discontinuity 1: Direction = 286, Dip = 19

Cohesion = 0, Friction angle = 35

Discontinuity 2: Direction = 150, Dip = 84

Cohesion = 0, Friction angle = 35

Slope Face: Direction = 215, Dip = 30

Upper Slope Face: Direction = 215, Dip = 3

No Tension Crack.

Dry Discontinuities.

Weight of Wedge = 13480.8

Intersection of Discontinuities:

Trend = 238.6, Plunge = 13.1

There is contact on both discontinuities.

Factor of Safety = 3.74



UNIDAD RESIDENCIAL SANTA SOFIA SUR  
ANALISIS DE FALLA EN CUÑA - Material Saturado

\*\*\*\*\* Summary \*\*\*\*\*  
Rock Unit Weight = 18  
Unit Weight of Water = 10  
Slope Crest Height = 10  
Slope face does not overhang toe.  
Discontinuity 1: Direction = 286, Dip = 19  
    Cohesion = 0, Friction angle = 35  
Discontinuity 2: Direction = 150, Dip = 84  
    Cohesion = 0, Friction angle = 35  
Slope Face: Direction = 215, Dip = 30  
Upper Slope Face: Direction = 215, Dip = 3  
No Tension Crack.  
Water Pressures: Discontinuity 1 = 19.1  
    Discontinuity 2 = 19.1  
Weight of Wedge = 13480.8  
Intersection of Discontinuities:  
    Trend = 238.6, Plunge = 13.1  
There is contact on both discontinuities.  
Factor of Safety = 1.43



Secretaría  
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

CIVILES LTDA  
INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIO GEOTÉCNICO Y PLANTEAMIENTO DE LAS OBRAS  
CORRECTIVAS EN EL BARRIO LA RESURRECCIÓN -  
UNIDAD RESIDENCIAL SANTA SOFÍA SUR

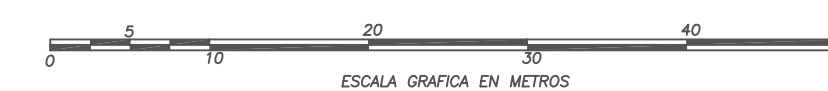
LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE

CONTRATO No. CONS-391/02

MAPA BASE

CONVENCIONES

CURVA DE NIVEL	2553
VIA, ANDEN, PARAMENTO	—
SENDERO	—
CERCADO O MALLA	—x—
CANAL	—
DRENAJE	—
SUMIDERO	—
HIDRANTE	+
POZO ALCANTARILLADO	+
POZO TELEFONOS	+
POZO DE ENERGIA	+
POSTE ALUMBRADO	•
POSTE TELEFONO	•
POSTE ENERGIA	•
PUNTO TOPOGRAFICO DE REFERENCIA	△R1



ESCALA 1:500

COORDENADAS CON ORIGEN BOGOTÁ CON COORDENADAS GEOGRÁFICAS 04° 41' 00.00" DE LATITUD NORTE Y 74° 09' 00.00" DE LONGITUD AL OESTE DE GREENWICH AL CUAL SE LE ASIGNARON LAS COORDENADAS PLANAS 109320.865 METROS NORTE Y 92334.879 METROS AL ESTE RESPECTIVAMENTE, DATUM OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE BOGOTÁ PLANO DE PROYECCION 2550.000 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

DICIEMBRE DE 2002

Plano 1 de 4



CUADRO DE COORDENADAS

PUNTOS	NORTE	ESTE	ELEVACION
CD757	96846.215	96540.950	2687.923
R1	96585.321	96338.327	2636.337
R2	96577.323	96379.244	2636.342
R3	96556.860	96389.075	2636.513



Secretaría  
GOBIERNO

**ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.**

DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

**CIVILES LTDA**  
INGENIEROS CONSULTORES

**ESTUDIO GEOTÉCNICO Y PLANTEAMIENTO DE LAS OBRAS  
CORRECTIVAS EN EL BARRIO LA RESURRECCIÓN -  
UNIDAD RESIDENCIAL SANTA SOFÍA SUR**

**LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE**

**CONTRATO No. CONS-391/02**

TOMADO DE: MAPA GEOLÓGICO DEL EXTREMO SUR DE LA SABANA DE BOGOTÁ  
M. JULIVERT 1963

## PLANO GEOLÓGICO REGIONAL

### CONVENCIONES

- Formación USME  
Arcillas amarillentas
- Formación USME  
Areniscas de grano grueso
- Formación LA REGADERA
- Formación Bogotá
- Terraza baja y limos del  
borde de la Sabana
- Material lacustre de  
relleno de la Sabana  
(Formación Tilatá)

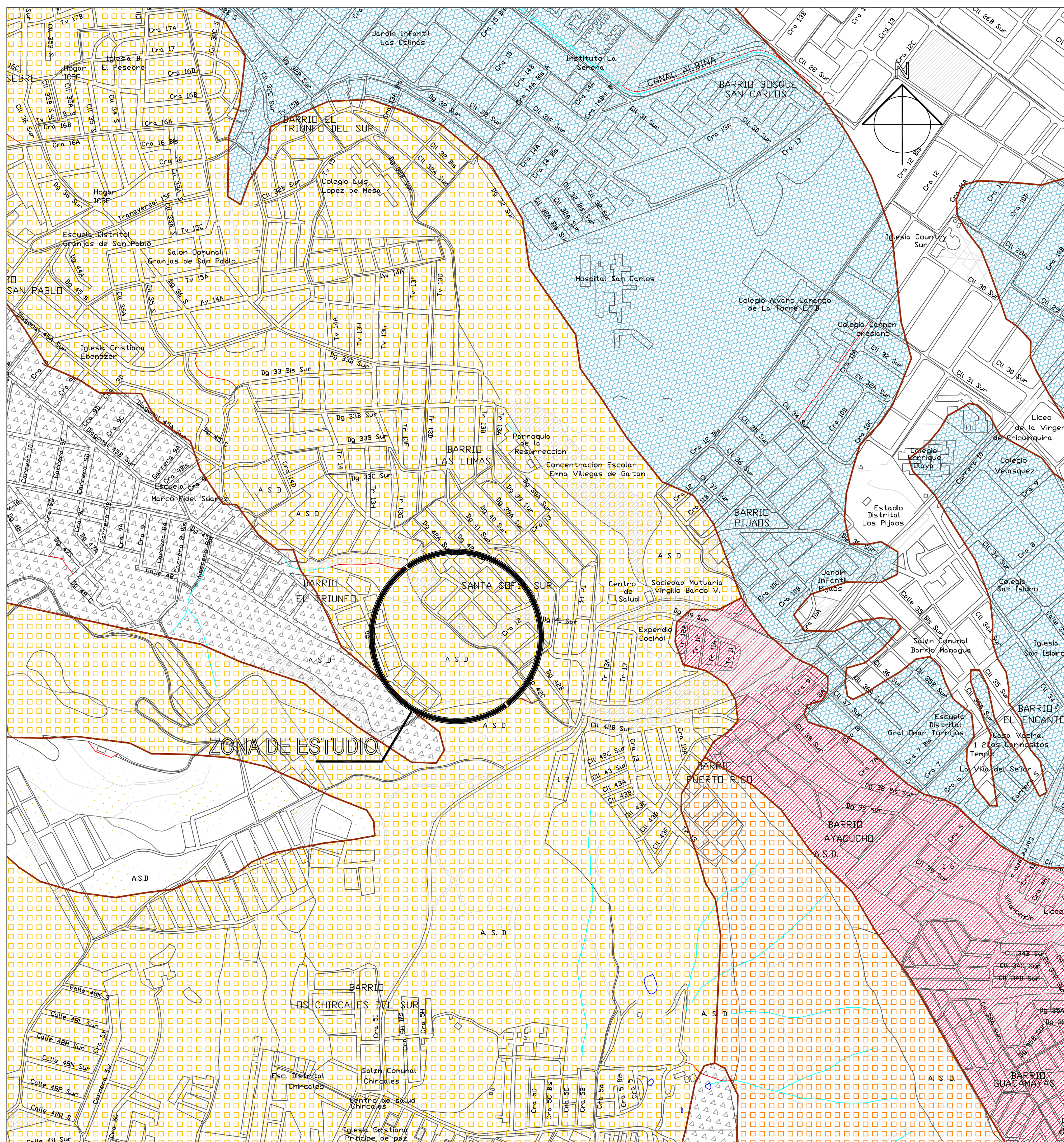
0 50 100 200 300 400 500  
ESCALA GRAFICA EN METROS

**ESCALA 1:5000**

COORDENADAS CON ORIGEN BOGOTÁ CON COORDENADAS GEOGRÁFICAS 04° 41' 00.00" DE LATITUD NORTE  
Y 74° 09' 00.00" DE LONGITUD AL OESTE DE GREENWICH AL CUAL SE LE ASIGNARON LAS COORDENADAS PLANAS  
109320.965 METROS NORTE Y 92334.879 METROS AL ESTE RESPECTIVAMENTE, DATUM OBSERVATORIO ASTRONÓMICO  
DE BOGOTÁ PLANO DE PROYECCIÓN 2550.000 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

**DICIEMBRE DE 2002**

Plano 2 de 4





Secretaría  
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

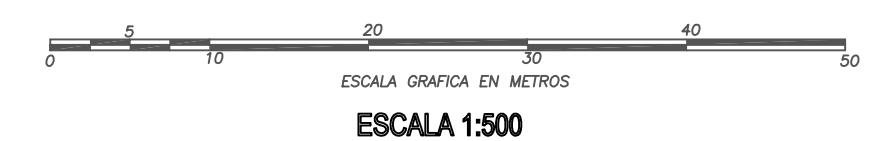
**CIVILES LTDA**  
INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIO GEOTÉCNICO Y PLANTEAMIENTO DE LAS OBRAS  
CORRECTIVAS EN EL BARRIO LA RESURRECCIÓN -  
UNIDAD RESIDENCIAL SANTA SOFÍA SUR  
LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE  
CONTRATO No. CONS-391/02

## PLANO GEOLÓGICO LOCAL

### CONVENCIONES

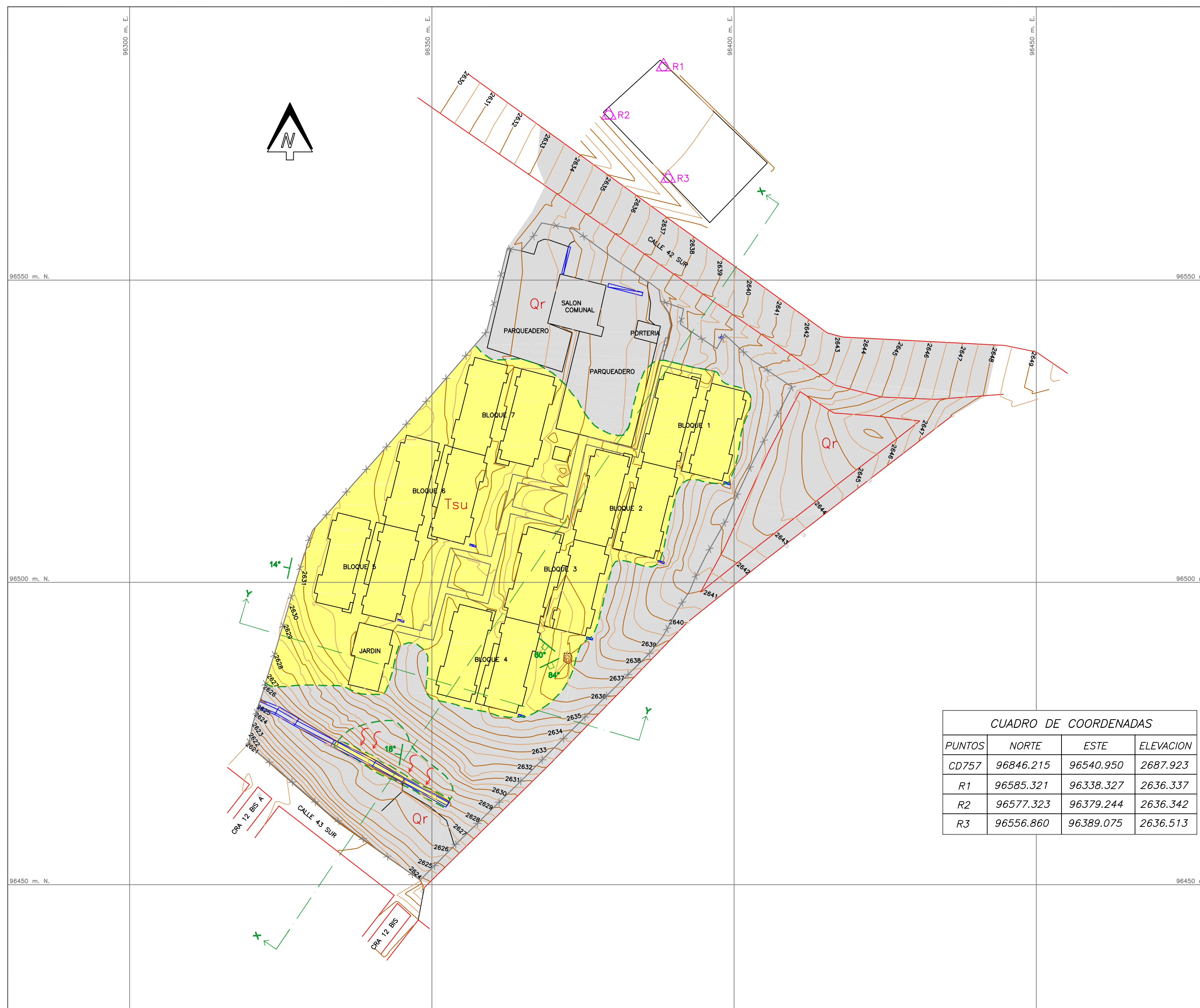
- Contacto litológico aproximado.
- Orientación y buzamiento de estratos.
- Orientación y buzamiento de diaclasas.
- Ruptamiento.
- Perfil geológico.
- Rellenos antrópicos. Arcilla limosa, color gris; localmente revuelta con escombros de construcción. Húmedos y con baja compacidad.
- Formación Usme. Intercalación de capas de arcillolitas, arcillolitas arenosas y areniscas arcillosas color gris claro. Poseen plano de diaclasa con películas de óxidos de hierro. Hacia el costado suroeste están un poco meteorizadas.



COORDENADAS CON ORIGEN BOGOTÁ CON COORDENADAS GEOGRÁFICAS 04° 41' 00.00" DE LATITUD NORTE Y 74° 09' 00.00" DE LONGITUD AL OESTE DE GREENWICH AL CUAL SE LE ASIGNARON LAS COORDENADAS PLANAS 109320.865 METROS NORTE Y 92334.879 METROS AL ESTE RESPECTIVAMENTE, DATUM OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE BOGOTÁ PLANO DE PROYECCION 2550.000 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

DICIEMBRE DE 2002

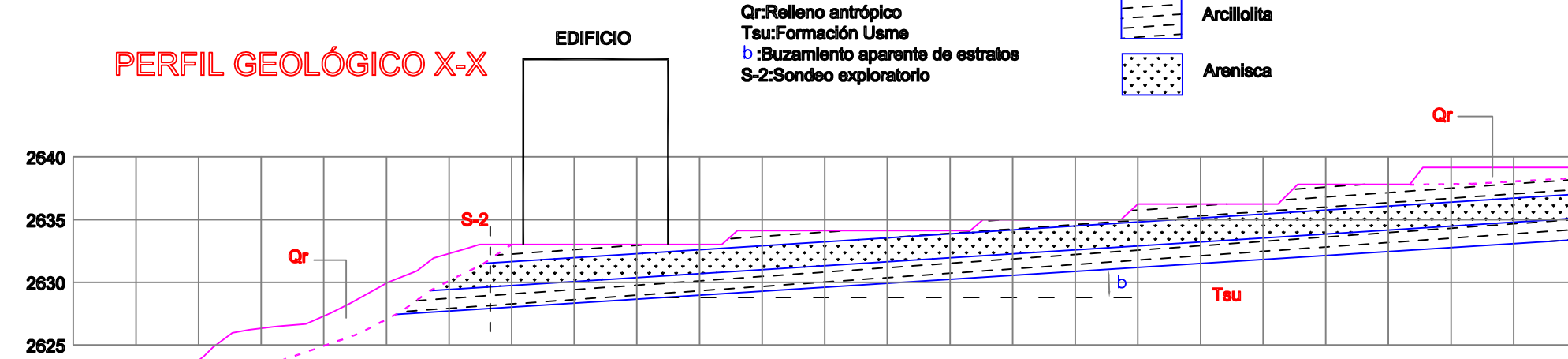
Plano 3 de 4



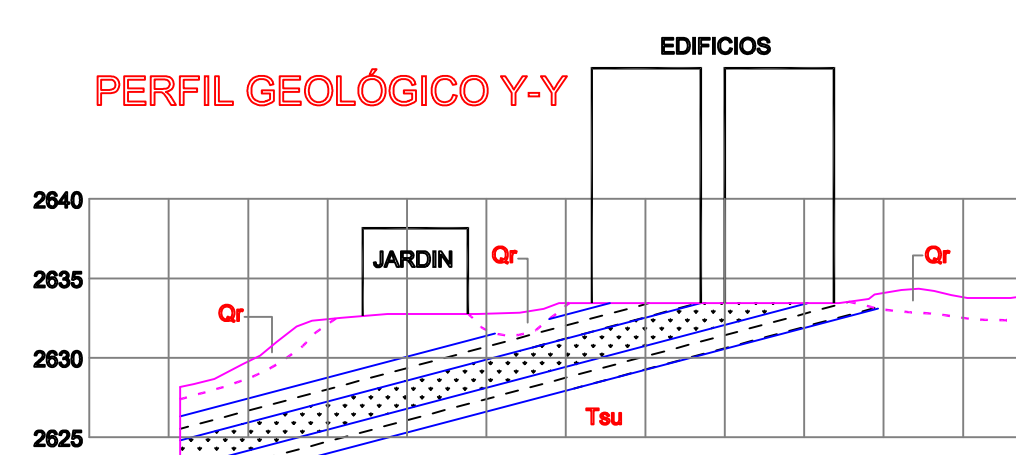
CUADRO DE COORDENADAS			
PUNTOS	NORTE	ESTE	ELEVACION
CD757	96846.215	96540.950	2687.923
R1	96585.321	96338.327	2636.337
R2	96577.323	96379.244	2636.342
R3	96556.860	96389.075	2636.513

### PERFILES GEOLÓGICOS ESCALA 1:500

#### PERFIL GEOLÓGICO X-X



#### PERFIL GEOLÓGICO Y-Y



Qr:Relleno antrópico  
Tsu:Formación Usme  
b:Buzamiento aparente de estratos  
S-2:Sondeo exploratorio

Arcillolita  
Arenisca

EDIFICIO

EDIFICIOS

JARDIN



Secretaría  
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

CIVILES LTDA  
INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIO GEOTÉCNICO Y PLANTEAMIENTO DE LAS OBRAS  
CORRECTIVAS EN EL BARRIO LA RESURRECCIÓN -  
UNIDAD RESIDENCIAL SANTA SOFÍA SUR

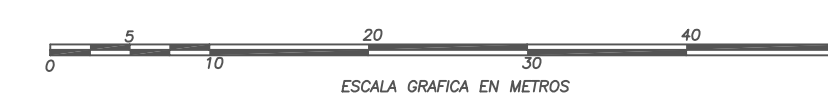
LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE

CONTRATO No. CONS-391/02

## PLANO GEOMORFOLÓGICO LOCAL

### CONVENCIONES

CURVA DE NIVEL	2553
VIA, ANDEN, PARAMENTO	—
SENDERO	—
CERCADO O MALLA	—x—x—
CANAL	—
DRENAJE	—
SUMIDERO	—
HIDRANTE	+
POZO ALCANTARILLADO	+
POZO TELEFONOS	+
POZO DE ENERGIA	+
POSTE ALUMBRADO	•
POSTE TELEFONO	•
POSTE ENERGIA	•
PUNTO TOPOGRAFICO DE REFERENCIA	△R1



ESCALA 1:500

COORDENADAS CON ORIGEN BOGOTÁ CON COORDENADAS GEOGRAFICAS 04° 41' 00.00" DE LATITUD NORTE Y 74° 09' 00.00" DE LONGITUD AL OESTE DE GREENWICH AL CUAL SE LE ASIGNARON LAS COORDENADAS PLANAS 109320.865 METROS NORTE Y 92334.879 METROS AL ESTE RESPECTIVAMENTE, DATUM OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE BOGOTÁ PLANO DE PROYECCION 2550.000 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

DICIEMBRE DE 2002

Plano 4 de 4

