EVALUACIÓN GEOELÉCTRICA EN EL SECTOR DE LA URBANIZACIÓN 'PARQUE LA ROCA'

Memorando Técnico HS 1404

Octubre de 2004

Cliente: GEOINGENIERÍA LTDA *

*Estudio contratado por el FOPAE

Con el fin de caracterizar los niveles de suelo y roca que se presentan en la zona afectada por un deslizamiento en el sector de la urbanización Parque La Roca de la ciudad de Bogotá (Calles 6 Sur a 6C Sur entre Carreras 8 Este a 3A Este), se realiza la presente exploración del subsuelo por medio del método geofísico de resistividad.

1. METODO

El método de prospección consiste en determinar la resistividad del subsuelo a diferentes profundidades, para así inferir la composición litológica de mismo y/o el tipo de fluidos que contiene.

En conjunto con los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), se usan los Perfiles Eléctricos Continuos (PEC), conocidos también como Tomografía Eléctrica (TE) o Calicatas Eléctricas Continuas (CEC). Estas dos metodologías se diferencian en la forma de medición y el tipo de resultados, el primer método (SEV) presenta los cambios de resistividad de las rocas en profundidad bajo el centro de medición en un mismo punto, mientras el Perfilaje Eléctrico permite detectar los cambios de resistividad tanto en profundidad como lateralmente.

Teniendo en cuenta que el método de PEC es cualitativo mientras que el de SEV es cuantitativo, es indispensable la combinación de estos dos métodos para el logro de resultados satisfactorios.

Para efectuar Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), el dispositivo más utilizado es el de tipo Schlumberger (Figura 1), el cual consiste de un arreglo de cuatro electrodos. Al efecto se utiliza una fuente externa para generar corriente que se introduce al subsuelo a través de los electrodos A y B, esta corriente genera un campo de potenciales, la diferencia de potenciales se mide entre los electrodos M y N.

La profundidad investigada está relacionada con la distancia de los electrodos A y B. La lectura de corriente *(I)* y de la diferencia de potenciales *(ΔV)* permiten calcular la resistencia *(R).*

Según la ley de Ohm: $$R = \frac{\Delta V}{I}$$

Para un medio homogéneo, la resistividad *(ρ)* se obtiene al multiplicar la resistencia *(R)* por un coeficiente geométrico *(K)*.

$$\rho = KR$$

Para el dispositivo Schlumberger, este coeficiente se calcula así:

$$K = \pi \frac{\left\langle \frac{AB}{2} \right\rangle^2 - \left\langle \frac{MN}{2} \right\rangle^2}{MN}$$

Donde:

$$\rho_a = K\frac{\Delta V}{I}$$

El valor de resistividad obtenido, para una distancia determinada entre electrodos de corriente, en un medio estratificado de una secuencia de capas que tienen diferente litología, esta influenciado por los distintos horizontes atravesados por el flujo de corriente, por lo tanto se obtienen valores de resistividad aparente contra la distancia de AB/2.

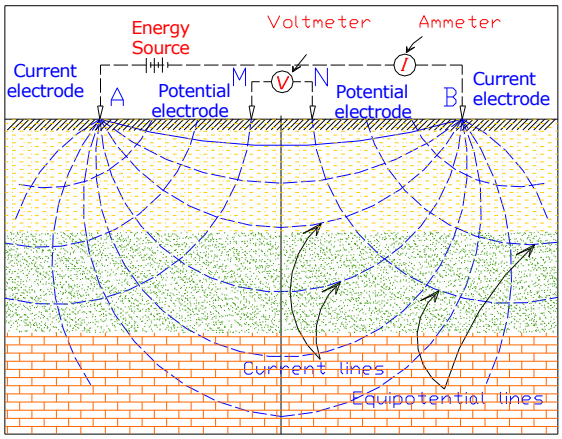


FIGURA 1 ARREGLO SCHLUMBERGER

Durante el procesamiento de la información, en papel logarítmico se insertan los datos de campo del SEV (AB/2 contra ρ_a). Las curvas de campo que anteriormente se interpretaban por comparación con ábacos, actualmente se procesan por medio de software especializado. Estos programas generalmente se basan en la solución de los problemas inversos, el cual consiste en el cálculo de la ρ_a para cada distancia de AB/2 de un modelo de capas sintético. A este modelo se le cambia el espesor de la capa y el valor de ρ_a hasta obtener concordancia del valor de ρ_a medido en campo, con el valor de ρ_a calculado en el modelo de capas sintético.

Para la medición de los Perfilajes Eléctricos Continuos (PEC's) se utilizan diferentes tipos de arreglos geométrico dependiendo del objetivo exploratorio, la topografía del área y el espacio disponible. En el presente estudio se utilizó un arreglo Dipolo – Dipolo tipo axial con D = 3 m y con un factor de separación entre pares de electrodos o distancia B-M variable de 1 a 10 unidades (Figura 2).

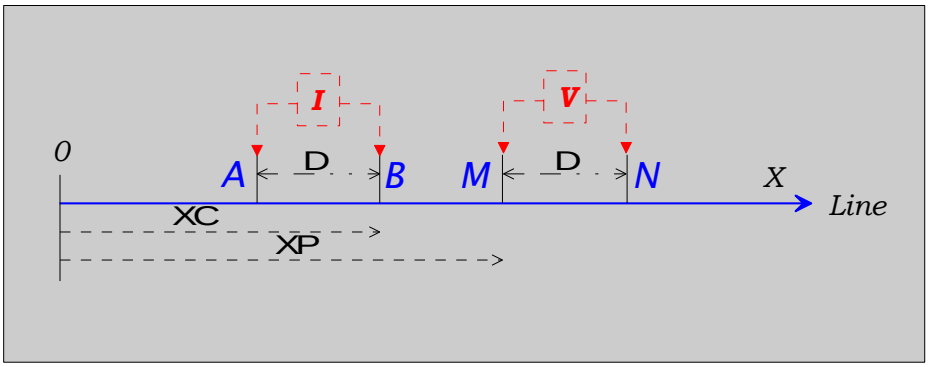


FIGURA 2 ARREGLO DIPOLO - DIPOLO

Este arreglo consiste en determinar la variación tanto en la vertical como en la horizontal de la resistividad aparente, lo cual se logra mediante la aplicación al subsuelo de una corriente *x* por los electrodos AB, mientras la caída de potencial se lee por medio de los electrodos MN. A medida que se desplazan los electrodos AB (los cuales permanecen siempre a igual distancia), se toman lecturas en diferentes posiciones de los electrodos MN (los cuales también permanecen a igual distancia).

El análisis se inicia con el ploteo de los valores de resistividad aparente determinados en el perfil, definiendo cambios o zona de contraste apoyados de un programa de contornos basado en Kriging. Estos valores de resistividad aparente obtenidos en los perfiles son correlacionados con los de resistividad verdadera definidos a partir de los SEV.

Complementando la interpretación, se emplea un programa basado en el método de los mínimos cuadrados para definir una pseudosección de resistividad aparente calculada y finalmente una sección en dos dimensiones del modelo inverso de resistividad, el cual también podrá ser correlacionado con el SEV de amarre.

2. ADQUISICION GEOFISICA

Para la toma de datos de resistividad por medio de Sondeos Eléctrico Verticales (SEV's) y Perfiles Eléctricos Continuos (PEC's), se utilizó el equipo de manufactura francesa de lectura digital SYSCAL Junior (Figura 3), operado por el Geólogo Juan José Velasco Escobar.



FIGURA 3 EQUIPO SYSCAL JUNIOR RESISTIVITY METER

Para la interpretación del SEV se utilizararon los programas GEOLAB y WinSEV, los cuales arrojaron resultados similares (ver Anexo I), mientras que para la interpretación del perfil se utilizaron los programas Surfer y Res2DInv.

El día 15 de octubre de 2004, se realizaron los trabajos explortatorios consistentes en un (1) Sondeo Eléctrico Vertical - SEV y un (1) Perfile Eléctrico Continuo (PEC). Los criterios de selección de los sitios para la realización de los sondeos fueron: distribución areal, utilidad de la información, disponibilidad de espacio y facilidad de acceso, lográndose tomar los sondeos mencionados con los AB/2 mostrados en la Tabla 1 y cuya localización se hizo por medio de un GPS Garmin 12CX de 12 canales (Figura 4).

TABLA 1 LONGITUD DE SEV Y PEC

Punto	Localización	Longitud (m)
SEV 01	Acceso al salón comunal	30.0
PEC 01	Acceso al salón comunal	54.0

Fuente: HIDROSUELOS

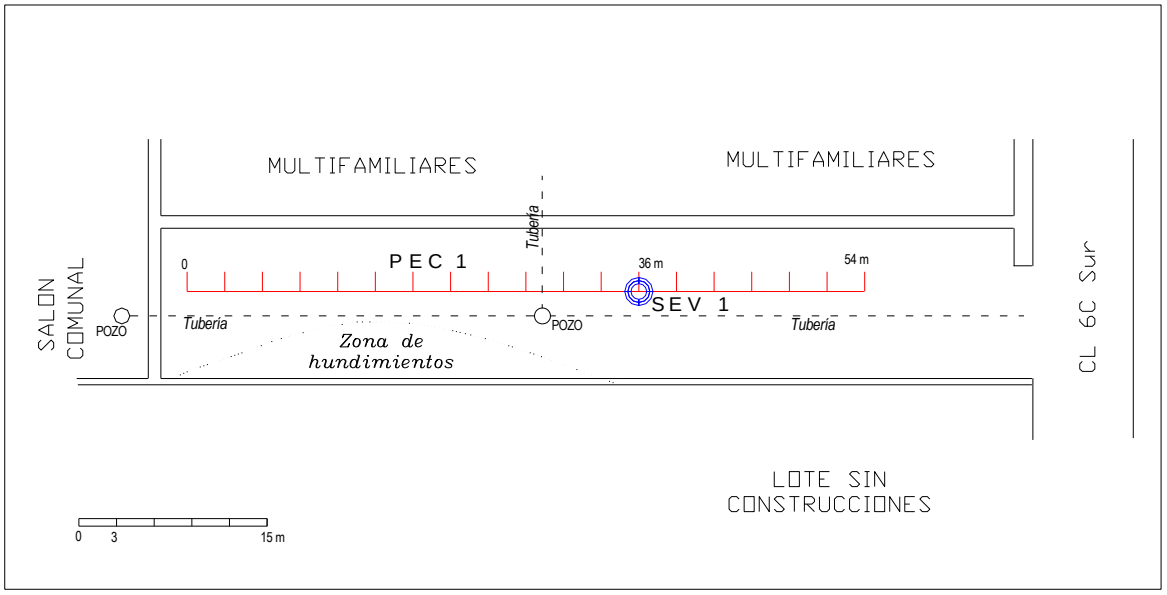


FIGURA 4 LOCALIZACION PUNTOS DE EXPLORACION GEOELECTRICA

3. INTERPRETACION DEL SEV

Para el caso del SEV, la curva obtenidas en campo se somete al proceso de ajuste de los empalmes presentados al variar la distancia MN, luego se leen los nuevos valores de resistividad aparente definidos y se llevan a una hoja de cálculo, la cual a su vez es insertada en los programas de interpretación empleados para el presente estudio (GEOLAB y WinSEV). Para cada sondeo

se ingresa un modelo hipotético y luego éste es refinado por medio de procesos matemáticos, ajustando la curva hasta alcanzar un valor de máxima precisión y obtener el modelo definitivo. En el Anexo I, se tiene el modelamiento matemático de los resultados y las curvas observadas y calculadas. En la siguientes tabla (2) se presenta la interpretación de los resultados obtenidos.

TABLA 2 RESULTADOS E INTERPRETACIÓN SEV 01

Resistividad (ohm.m)	Espesor (m)	Profundidad (m)	Unidad Geoeléctrica	Interpretación	Unidad Geológica
106	3.1	0.0 – 3.1	I.A	Material de relleno no cohesivo	Relleno antrópico o relleno natural (Qr)
13	2.7	3.1 – 5.8	I.B	Material de relleno compactado o saprolito	Relleno antrópico o relleno natural (Qr) o saprolito (Qrs)
33	15	5.8 – 20.8	II.A	Roca (arcillolita e intercalaciones de arenisca)	Fm. Regadera (Tr)
66	N.D.	20.8 – N.D.	II.B	Roca (intercalaciones de arenisca)	Fm. Regadera (Tr)

Fuente: HIDROSUELOS

4. INTERPRETACION DEL PEC

En la zona adyacente entre los multifamilares, el salón comunal y el sector afectado por el movimiento de masa, se ejecutó el perfil eléctrico PEC-1, con una longitud total de 54 m.

Para la interpretación se emplearon dos métodos: El primero (Correlación) consistente en modelar los contornos de los valores de resistividad aparente obtenidos en el perfil y correlacionarlos con el SEV-1. Mientras en el segundo método (Modelación inversa) se obtienen valores de resistividad verdadera a partir de la aplicación del modelo matemático descrito anteriormente.

4.1 Correlación PEC1 – SEV1

En el perfil se definen tres rangos de resistividad aparente (ρa) así (Figura 5):

- Nivel superficial (0 a 3.2 m) con valores de ρa mayores a 400 Ωm. Se correlaciona con la Unidad I.A definida en el SEV1 (ρ = *109* Ωm) e interpretada como material de relleno antrópico o natural con poca cohesión.
- Nivel intermedio (1 a 5.8 m) con valores de ρa entre 200 a 400 Ωm. Se correlaciona con la Unidad I.B definida en el SEV1 (ρ = *13* Ωm) e

interpretada como material de relleno antrópico o natural compactado o saprolito.

- Nivel inferior (variable desde 2 a 5.8 m) con valores de ρa menores de 200 Ωm. Se correlaciona con la Unidad II.A definida en el SEV1 (ρ = *33* Ωm) e interpretada como el nivel de roca de tipo arcillosa. Este nivel se puede dividir en dos subniveles a saber: *a)* Unidad II.A.1: Con ρa entre 75 a 200 Ωm e interpretada como saprolito o nivel areno – arcilloso y *b)* Unidad II.A.2: Con ρa menor de 75 Ωm e interpretada como el nivel de roca arcillosa.

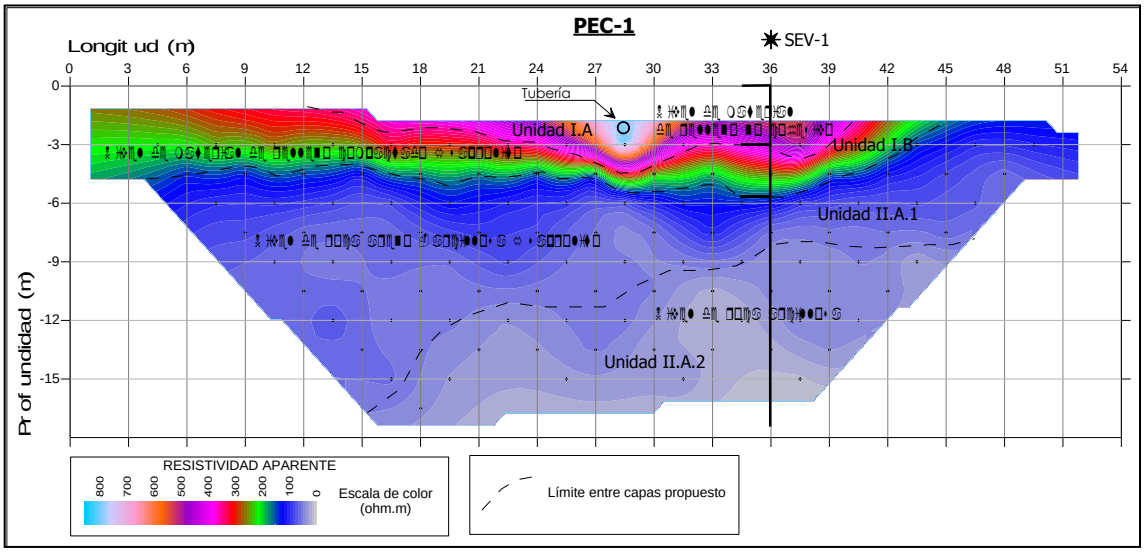


FIGURA 5 CORRELACIÓN PEC 1 CON SEV 1

4.2 Modelo matemático del perfil

Empleando el método de mínimos cuadradros no lineares, se desarrolla un segundo análisis al perfil de la urbanización La Roca, el cual se basa en un modelo de diferencias finitas que discretiza los valores de resistividad aparente en función de bloques de igual tamaño (Figura 6) los cuales interaccionan entre sí para obtener sectores de igual resistividad verdadera (contornos de isoresistividad).

Con relación al modelo inverso de interpretación (Figura 7) es importante señalar que la profundidad allí señalada corresponde con una pseudoprofundidad, es decir, que no se debe tomar como guía para la determinación de la cota de zonas de contacto entre capas.

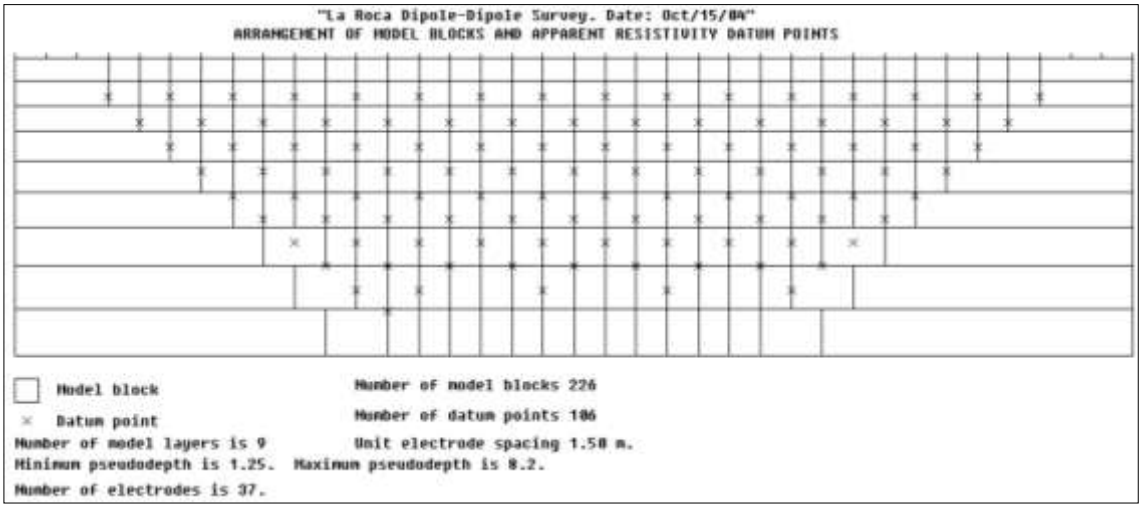


FIGURA 6 DISCRETIZACION DEL MODELO MATEMATICO DEL PEC

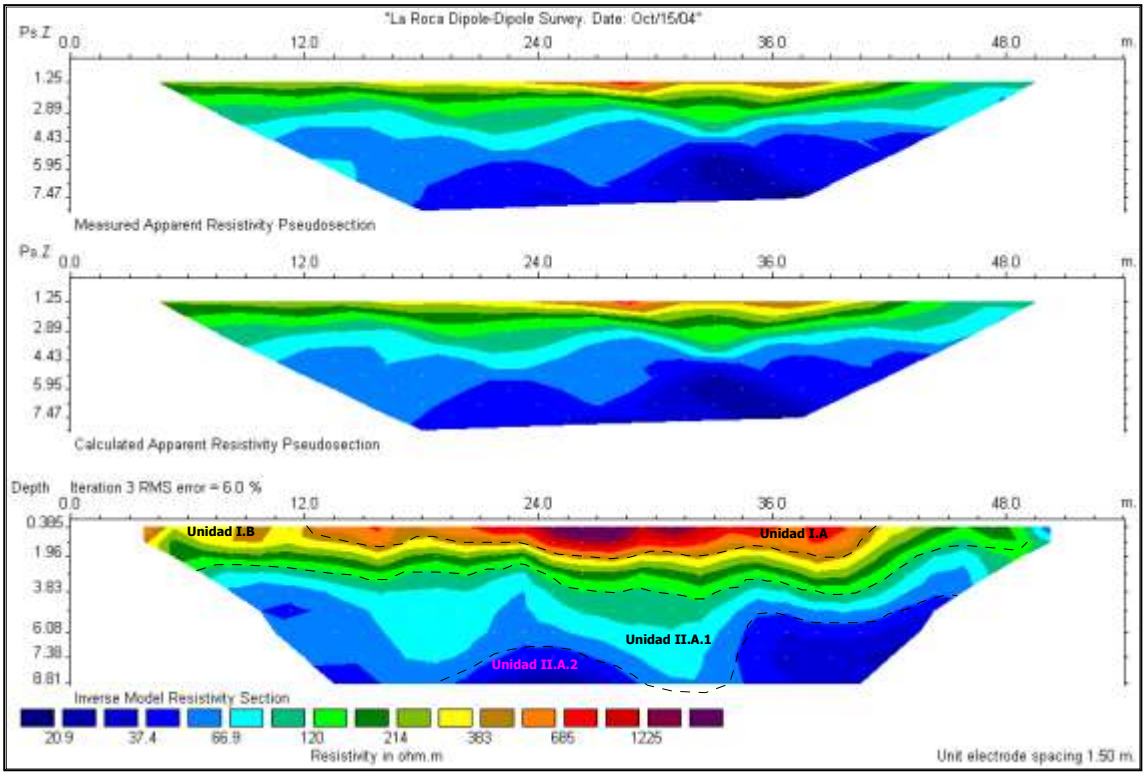


FIGURA 7 SECCION DEL MODELO INVERSO DE RESISTIVIDAD

5. CONCLUSIONES

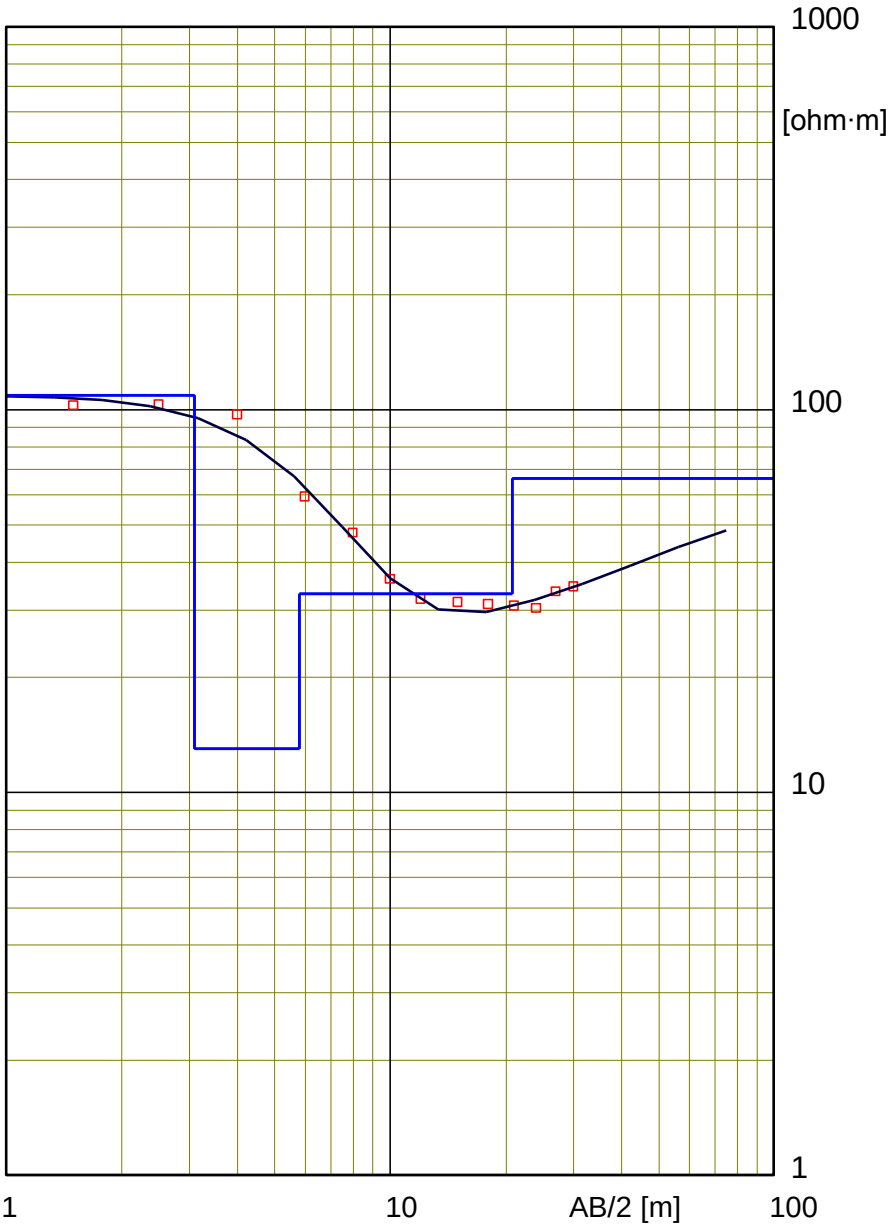
En la zona evaluada se identificaron tres niveles de suelo – roca o unidades geoeléctricas así:

- Unidad I.A ó Nivel superficial: Se interpreta como material de relleno antrópico o natural con poca cohesión.
- Unidad I.B ó Nivel intermedio: Se interpreta como material de relleno antrópico o natural compactado o saprolito.
- Unidad II.A ó Nivel inferior: Se divide en dos subniveles a saber: *a)* Unidad II.A.1 interpretada como saprolito o nivel areno – arcilloso y *b)* Unidad II.A.2 interpretada como el nivel de roca arcillosa.

ANEXO I

MODELAMIENTO MATEMATICO DE CURVAS DE CAMPO

Electrical sounding Schlumberger - La Roca SEV1.WS3



Model Resistivity	Thickness	Depth
[ohm·m]	[m]	[m]
109	3.1	
13	2.7	3.1
33	15	5.8
66		21