

## ESTUDIO GEOELÉCTRICO PARA EMPODUITAMA S.A E.S.P – BOYACÁ

### INFORME FINAL



**Bogotá D.C., Octubre 2016**

## **ESTUDIO GEOELÉCTRICO PARA EMPODUITAMA S.A E.S.P – BOYACÁ**

LOCALIZACIÓN DE LOS PREDIOS: Municipio de Duitama, departamento de Boyacá

REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO: 19 al 21 de Septiembre de 2016

ORDEN DE TRABAJO: Ing. Ramón Anselmo Vargas - Gerente

SISTEMA DE INVESTIGACIÓN: Schlumberger

ALIMENTACIÓN: DC 450 Volt.

SONDEOS ELÉCTRICOS: Seis Sondeos

INGENIERO GEÓLOGO: ANDRÉS MARTÍNEZ SÁNCHEZ

WILLIAM A. PÉREZ CULMA

OPERADORES: RICARDO SANTO FERNANDEZ CUELLO

JONATHAN PÉREZ

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS.....	7
3. GENERALIDADES.....	8
3.1 LOCALIZACIÓN.....	8
4. GEOLOGÍA.....	10
4.1 ESTRATIGRAFÍA LOCAL.....	10
4.1.1 Formación Cuche (Cc).....	10
4.1.2 Formación la Rusia (Jru).....	10
4.1.3 Formación Tibasosa (Kit).....	11
4.1.4 Formación Une (K2v).....	12
4.1.5 Formación Churuvita (Ksch).....	12
4.1.6 Formación Conejo (Kscn).....	12
4.1.7 Formación Plaeners (Kg2).....	13
4.1.8 Formación Labor y Tierna (Kg1).....	13
4.1.9 Formación Guaduas (Ktg).....	13
4.1.10 Formación Tilatá (Ngt).....	14
4.1.11 Depósitos cuaternarios aluviales.....	14
4.1.12 Depósitos de abanicos aluviales.....	14
5. MÉTODO DE PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA.....	17
5.1 INTERPRETACIÓN DE LA CURVA DE SONDEO.....	18
5.2 PROCESO COMPUTACIONAL.....	19
6. INTERPRETACIÓN GEOELÉCTRICA.....	20
6.1 UBICACIÓN DE LOS SONDEOS GEOELÉCTRICOS.....	20
6.1.1 Sondeo Eléctrico Vertical No.1.....	21
6.1.2 Sondeo Eléctrico vertical No.2.....	23
6.1.3 Sondeo Eléctrico vertical No.3.....	25
6.1.4 Sondeo Eléctrico vertical No.4.....	27
6.1.5 Sondeo Eléctrico vertical No.5.....	29
6.1.6 Sondeo Eléctrico vertical No.6.....	31
5.1 RESULTADOS DE LA INTERPRETACION GEOELECTRICA.....	33
6. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.....	34
7. CONCLUSIONES.....	36

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Coordenadas de los SEVs</i> .....	20
<i>Tabla 2. Interpretación SEV 1</i> .....	21
<i>Tabla 3. Interpretación SEV-2</i> .....	23
<i>Tabla 4. Interpretación SEV-3</i> .....	25
<i>Tabla 5. Interpretación SEV-4</i> .....	27
<i>Tabla 6. Interpretación SEV-5</i> .....	29
<i>Tabla 7. Interpretación SEV-6</i> .....	31
<i>Tabla 8. Clasificación litología según el valor de resistividad</i> .....	33
<i>Tabla 9. Características Pozos</i> .....	35
<i>Tabla 10. Características Aljibes</i> .....	35

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Localización del área de estudio, Tomada de Google Earth</i> .....	8
<i>Figura 2. Perfil A-A'</i> .....	15
<i>Figura 3. Dispositivo Schlumberger</i> .....	19
<i>Figura 4. Curva SEV 1</i> .....	21
<i>Figura 5. Columna geoelectrica SEV-1</i> .....	22
<i>Figura 6. Curva SEV - 2</i> .....	23
<i>Figura 7. Columna geoelectrica SEV-2</i> .....	24
<i>Figura 8. Curva SEV-3</i> .....	25
<i>Figura 9. Columna geoelectrica SEV-3</i> .....	26
<i>Figura 10. Curva SEV-4</i> .....	27
<i>Figura 11. Columna geoelectrica SEV-4</i> .....	28
<i>Figura 12. Curva SEV-5</i> .....	29
<i>Figura 13. Columna geoelectrica SEV-5</i> .....	30
<i>Figura 14. Curva SEV-6</i> .....	31
<i>Figura 15. Columna geoelectrica SEV-6</i> .....	32

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1. <b>Localización zona de estudio</b> .....	9
Mapa 2. <b>Geología</b> .....	16

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. <b>Fotográfico</b> .....	36
ANEXO 2. <b>Mapa localización puntos de agua y SEVs</b> .....	37
ANEXO 3. <b>Diseño del pozo Barrio Guadalupe</b> .....	38
ANEXO 4. <b>Diseño del pozo Finca Alto de Santa Ana</b> .....	42
ANEXO 5. <b>Presupuesto del pozo Barrio Guadalupe</b> .....	46
ANEXO 6. <b>Presupuesto del pozo Finca Alto de Santa Ana</b> .....	47
ANEXO 7. <b>Términos de referencia pozo Barrio Guadalupe</b> .....	48
ANEXO 8. <b>Términos de referencia pozo Finca Alto de Santa Ana</b> .....	49

## 1. INTRODUCCIÓN

En el municipio de Duitama se requiere la construcción de pozos profundos, que generen suministro de agua para EMPODUITAMA S.A. E.S.P. por lo que se realizó un estudio geoeléctrico que permite el análisis e interpretación de las capas que conforman el subsuelo. Para ello se definen dos sectores de estudio, uno en la zona alta de la cabecera municipal y otro hacia la parte baja de esta, donde se realizaron seis sondeos eléctricos verticales (SEV), que en complemento con los aspectos geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos permiten definir la localización de dos pozos.

## 2. OBJETIVOS

- Localizar los niveles permeables saturados, con el fin de ubicar dos pozos profundos de agua que generen suministro de esta para EMPODUITAMA S.A. E.S.P
- Realizar seis sondeos eléctricos verticales (SEVs), con profundidad de 400 metros, que permitan complementar la información sobre las características hidrogeológicas del área de interés.
- Definir parámetros como espesor, resistividad de las rocas existentes en subsuelo.

### 3. GENERALIDADES

Para el desarrollo del presente estudio, se realizó una etapa de campo entre el 19 y 21 de septiembre de 2016, donde se ejecutaron seis sondeos eléctricos verticales, utilizando el dispositivo Schlumberger, con una inyección de corriente de 480 Voltios, alcanzando una profundidad en el sondeo de 400 metros de investigación bajo la superficie.

#### 3.1 LOCALIZACIÓN

Duitama es un municipio del departamento de Boyacá, ubicado sobre las estribaciones de la cordillera oriental, posee una extensión total de 190 km<sup>2</sup>, con altitud en la cabecera municipal de 2590 m.s.n.m., se encuentra a 50 Km de la Tunja, y 240 Km de Bogotá. En la Figura 1 y Mapa 1 se presenta la localización general de la zona.

El área de estudio, se divide en dos zonas, la primera localizada hacia la parte alta de la cabecera municipal en la Finca Altos de Santa Ana, y, la segunda situada hacia la parte baja de la cabecera municipal en predios de EMPODUITAMA S.A E.S.P.

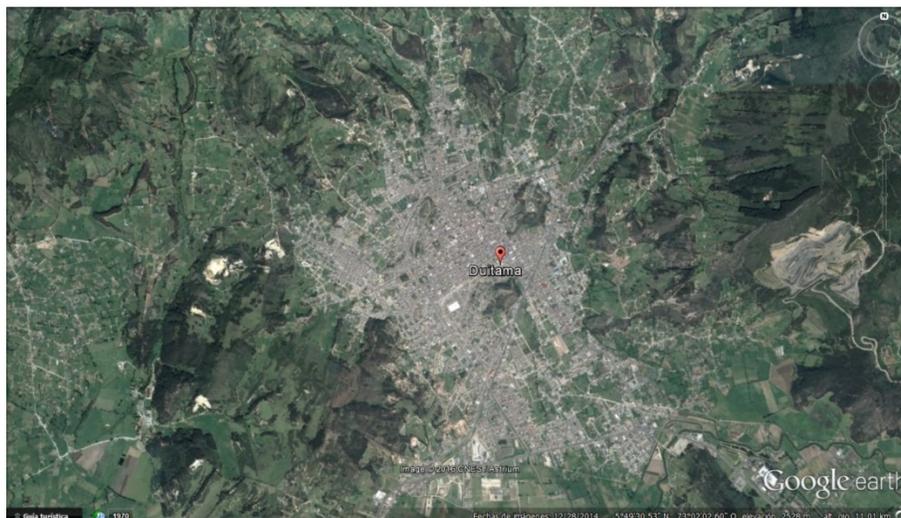


Figura 1. Localización del área de estudio, Tomada de Google Earth

## Mapa 1. Localización zona de estudio

## **4. GEOLOGÍA**

### **4.1 ESTRATIGRAFÍA LOCAL**

Se presenta a continuación una descripción litológica de las formaciones aflorantes en el municipio de Duitama, donde se presentan formaciones desde el Paleozoico hasta los depósitos Cuaternarios (Mapa 2).

#### **4.1.1 Formación Cuche (Cc)**

En 1946 G. Botero R. dio este nombre a una sucesión de lodolitas y areniscas de tonos rojo-violetas a amarillo-crema con espesor entre 300 y 400 m, discordante sobre la formación Floresta y discordante por debajo de la formación Girón; por datación fósil se determinó a esta formación una edad Permo-carboniano. Se reconocieron capas correlacionables a esta formación en los afloramientos en el área Duitama- Tibasosa donde es fácilmente apreciable la fosilización de los pliegues que afectan estas capas, por el Miembro conglomerático Basal (Kit<sub>4</sub>) de la formación Tibasosa. Esta unidad se encuentra aflorando en el costado suroriental del municipio de Duitama y es identificable en la doble calzada que de Duitama conduce a Sogamoso. En este sector se observa un contacto fallado y discordante entre las formaciones Tibasosa, Cuche y los depósitos aluviales

#### **4.1.2 Formación la Rusia (Jru)**

Esta formación fue descrita por Renzoni G. 1981, se ha escogido este nombre para una sucesión de capas que afloran en el páramo de la Rusia, por el carreteable que conduce a las torres transmisoras del ejército nacional, El espesor total es de 682m.

EL afloramiento de esta unidad geológica se encuentra delimitado por la falla de Boyacá que pone en contacto rocas pertenecientes a la formación guaduas, labor y tierna y Plaeners con la respectiva formación la Rusia. Su franja de afloramiento es bastante extensa y constituyo la unidad geológica de importancia para la caracterización estratigráfica y petrográfica descrita a nivel local.

#### 4.1.3 Formación Tibasosa (Kit)

Esta formación se observa en la carretera que de Duitama conduce a Sogamoso y fue descrita por Renzoni G. La formación consta de:

- **Miembro basal (Kit4):** Constituidos por conglomerados heterogéneo mal calibrado, seguido por conglomerado homogéneo y mejor calibrado, luego por limolitas verdes y moradas y luego por arenisca a veces conglomeratica con estratificación cruzada.
- **Miembro calcáreo inferior (Kit3):** Conformado por shales negros de caliza más o menos arenosa y de arenisca; encontramos amonitas, equinodermos y lamelibranquios.
- **Miembro arenáceo intermedio (Kimt2):** Compuesto por shales grises oscuros y arenisca.
- **Miembro calcáreo superior (Kmt1):** Compuesto en la parte inferior de shales grises oscuros de caliza lumaquelica rica en equínidos y ostreas y de areniscas. Shales negros con un espesor aproximado de 50 m, presenta fosiles de venezoliceras y oxtropidoceras del albiano medio al albiano superior.

La formación Tibasosa está aflorando en el área sur oriental del municipio de Duitama vereda tocogua en contacto concordante con la formación une y a su vez contacto discordante y fallado con la formación cuche.

#### **4.1.4 Formación Une (K2v)**

Esta Formación fue descrita por Renzoni G. (1981) en la quebrada Dorbaquira como una sucesión de 510 m de arenisca blancuzca a amarillenta, con cemento ferruginoso o silíceo, de grano medio a grueso, localmente conglomerática, con gruesas capas intercaladas por shales negros más frecuentes hacia el techo. Yace concordante sobre el miembro superior de la Formación Tibasosa y bajo la sucesión de capas calcáreas del grupo Churuvita.

#### **4.1.5 Formación Churuvita (Ksch)**

Esta formación aflora como una unidad relativamente competente en la parte central del municipio de Duitama formando cerros de mediana altura, esta unidad fue descrita por F. Etayo en la carretera de Sachica – Tunja la cual presenta en su miembro inferior una arenisca basal de 105 m, con una alternancia, en la parte intermedia, de arcillolitas, areniscas y calizas compuestas por ostreas, de 75 m, mientras en la parte superior este miembro está constituido por areniscas y calizas de 225 m de espesor; el miembro superior se encuentra conformado por un conjunto de shales grises en la parte inferior cuyo espesor es de 60 m aproximadamente, mientras que en su parte superior se identifican capas de limolitas silíceas cuyo espesor es de aproximadamente 15 m

#### **4.1.6 Formación Conejo (Kscn)**

Esta formación es descrita por Renzoni G. (1981) y hace referencia a la sucesión de rocas que aflora en los alrededores del Alto El Conejo, compuesta por estratos de caliza de 0.80 m que suprayace a shales negros con delgadas intercalaciones limolíticas y calcáreas siguiendo 7 m de shales gris oscuros y areniscas bandeadas un poco silíceas, y un alto nivel de fracturamiento, estos niveles se ubican por debajo de 265 m formados por 7 niveles de arenisca con espesores de 3 – 8 m

que forman crestas intercalados en niveles de shales gris-oscuros a amarillentos en superficie.

#### **4.1.7 Formación Plaeners (Kg2)**

Esta formación aflora en la parte SW del casco urbano del municipio de Duitama y es la formación que más aflora en la cuenca del Rio Chicamocha. Esta formación fue descrita por Renzoni G. (1981) en el sector de Sachica-Tunja. Se compone por 50 m de delgadas capas de porcelanitas, chert y esporádica fosforita, se caracteriza por presentar alto fracturamiento y plegamiento como producto del trazo de la falla de Boyaca y sus múltiples ramales que afectan la geología presente en el área de estudio.

#### **4.1.8 Formación Labor y Tierna (Kg1)**

En el área de estudio se observa una sucesión de 49 m inferiores de shales (cubiertos casi en su totalidad por el depósito cuaternario) con algunas intercalaciones de areniscas de 10 m de espesor y un nivel superior de 110 m de espesor de areniscas con un tamaño de grano que varía desde fino a grueso, bien seleccionado, angular de baja esfericidad principalmente ortocuarcitas con cementos de caolinita abundantes y en menor proporción de hierro y de calcita.

#### **4.1.9 Formación Guaduas (Ktg)**

Alvarado B. y Sarmiento R. (et. al., 1944) denominaron formación Guaduas al conjunto de estratos que contienen los mantos de carbón explotables, con la formación homónima definida por Hettner A. (1892) en la región de Guaduas (Cundinamarca).

Esta unidad está compuesta por una secuencia de arcillolitas grises, lulitas grises claras con intercalaciones de areniscas cuarzosas, de grano fino, y varios mantos de carbón entre 0.1 y 1.4 m de espesor; arcillolitas grises claras con

intercalaciones de areniscas cuarzosas de grano fino, grises a blancas, y capas de areniscas arcillosas de grano fino; en el techo existe un conjunto de arcillolitas rojizas o abigarradas, con algunas intercalaciones de areniscas arcillosas de grano fino. El espesor aproximado de la formación es de 600-800 m.

#### **4.1.10 Formación Tilatá (Ngt )**

Esta formación es de tipo continental de tipo fluvial, presenta un grueso conjunto, predominantemente arenoso y Se encuentra aflorando en gran parte de la zona de estudio en sectores como la Parroquia, quebrada La Parroquia, en el chircal, el kiosco, Empoduitama, quebrada las Ciras, Los Naranjitos, casa del menor, San Luis gonzaga, San Antonio Norte, quebrada La Colina, escuela Jiménez, Colina La Isla.

#### **4.1.11 Depósitos cuaternarios aluviales**

Son depósitos fluviales constituidos por cantos heterométricos semi-redondeados de areniscas, embebidos en una matriz areno-arcillosa; caracteriza las planicies del río Surba y parte del sitio del casco urbano de Duitama, generalmente forman conos de deyección con terrazas levemente inclinadas, cuyas alturas no superan los 5 m y originadas durante los superflujos de las quebradas y ríos.

#### **4.1.12 Depósitos de abanicos aluviales**

Este depósito se encuentra especialmente conformado por gravas que provienen de las rocas presentes en la parte alta del municipio de Duitama, existen pequeños depósitos terracedos en los valles, los cuales correlacionan con las primitivas prolongaciones de los conos, sucesivamente aislados del cuerpo principal, por un periodo de erosión.



## Mapa 2. Geología

## 5. MÉTODO DE PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

La prospección geoeléctrica es uno de los elementos más utilizados para la exploración del subsuelo, en prospección geológica, hidrogeológica, en ingeniería civil o en estudios mineros. De estos métodos, el sondeo geoeléctrico es particularmente útil en la medida que da una imagen cuantitativa de los espesores y las resistividades de los diferentes terrenos.

Consiste en la inyección de corriente eléctrica a través del suelo, midiendo en superficie la diferencia de potencial ocasionada por ésta. El método es apropiado para los estudios del subsuelo hasta una profundidad 400 metros.

Los valores obtenidos en un sondeo eléctrico, indican la resistividad y el espesor de las diferentes capas que componen el subsuelo. El valor de la resistividad depende de tres factores: la naturaleza litológica de la roca, el contenido de agua y su composición química. En cada región los parámetros de resistividad deben ser calibrados mediante pozos profundos. La resistividad de un acuífero con agua dulce es baja (20 a 180 Ohm-m); la de un acuífero con agua salada es aún más baja y es por lo general inferior a 5 Ohm-m. Esto significa que la resistividad de una roca es función a humedad constante del contenido de sales disueltas en el agua. La resistividad de los niveles arcillosos varía entre 5 y 20 Ohm-m; la resistividad de las rocas compactas es por lo general alta si están sanas, y oscila según el grado de alteración o fracturamiento que presenten.

El dispositivo de medida utilizado en el presente estudio, es el llamado Schlumberger, que consiste en una línea de emisión que permite entre dos electrodos A - B hacer pasar una corriente eléctrica continua de intensidad I (Amp).

Se mide la diferencia de potencial  $\Delta V$  (mV) entre los electrodos M - N que constituyen la línea de recepción. Los electrodos A - B y M - N están dispuestos simétricamente con relación al centro "O" del dispositivo.

La profundidad de penetración del sondeo es directamente proporcional a la separación entre los electrodos; es decir a medida que se van separando los electrodos la corriente tenderá a pasar cada vez entre capas más profundas.

## 5.1 INTERPRETACIÓN DE LA CURVA DE SONDEO

Los valores de intensidad y diferencia de potencial eléctrico medido en el terreno, se procesan utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Resistividad aparente (Ohm-m)} = \frac{\Delta V}{I} \times K$$

K = Constante definida por la separación entre electrodos.

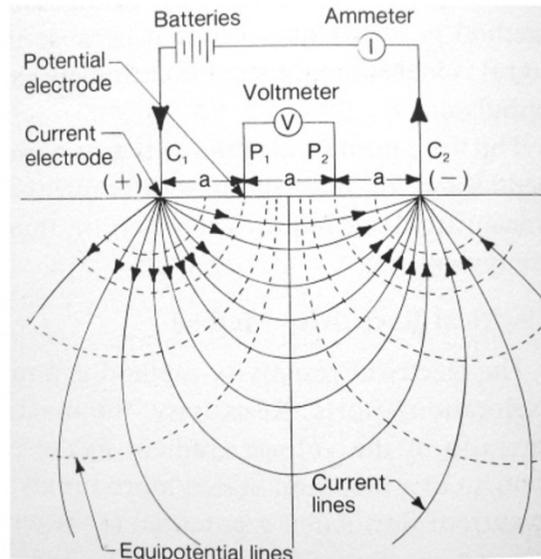
De tal manera que se obtienen valores sucesivos de resistividad aparente a medida que los electrodos se van alejando del centro del dispositivo.

Posteriormente se elabora un diagrama logarítmico de resistividades aparentes contra distancia medida en el terreno (AB/2), obteniéndose así una curva llamada "SONDEO ELECTRICO".

De esta manera se genera una gráfica que permite en el punto central reconocer las características geofísicas de las diferentes capas geológicas y su posible mérito como acuífero; además permite calcular las resistividades y espesores de los diferentes niveles.

El conocimiento de los parámetros anteriores, permite dar una orientación sobre las características estratigráficas del subsuelo y su perfil de resistividad.

Figura 3. **Dispositivo Schlumberger**



## 5.2 PROCESO COMPUTACIONAL

Utilizando el algoritmo computacional elaborado para un dispositivo Schlumberger, se diseña un modelo teórico del subsuelo. Teniendo en cuenta las diferentes variables que intervienen en el sondeo geoelectrico, dicho modelo corresponde a la primera aproximación.

Se compara la curva teórica producida por el modelo con la curva obtenida en campo y a partir de esta son calculadas en forma iterativa sucesivas aproximaciones hasta que el coeficiente de correlación entre las dos series sea mayor o igual al 95%.

Para obtener una interpretación ajustada al número máximo de capas, ha de estar alrededor de cinco o seis, a menos que se disponga de informaciones exactas a cerca de la naturaleza del subsuelo.

## 6. INTERPRETACIÓN GEOELÉCTRICA

La gráfica resultante del sondeo geoeléctrico se interpretó por el método gráfico tradicional y por simulación en computadora. La superposición de las curvas medidas en campo y las curvas calculadas por el simulador presenta un excelente ajuste con un error inferior al 4%.

Las gráficas de las curvas de resistividad eléctrica contra profundidad, lo mismo que las columnas estratigráficas resultantes de los sondeos, se presentan a continuación de cada sondeo.

### 6.1 UBICACIÓN DE LOS SONDEOS GEOELÉCTRICOS

La ubicación de los sondeos se realizó mediante G.P.S. (Global Position System), teniendo en cuenta como origen Bogotá, en la Tabla 1 se presentan las coordenadas de cada uno de los sondeos. (Ver Mapa 3)

**Tabla 1. COORDENADAS DE LOS SEVs**

<b>COORDENADAS SEV EMPODUITAMA</b>		
<b>Sondeo</b>	<b>X (mN)</b>	<b>Y (mE)</b>
SEV -1	1'133.515	1'115.571
SEV -2	1'133.215	1'164.425
SEV -3	1'132.677	1'116.184
SEV -4	1'141.400	1'114.296
SEV -5	1'141.258	1'114.243
SEV -6	1'140.878	1'114.330

### 6.1.1 Sondeo Eléctrico Vertical No.1

Origen Bogotá: X= 1'133.515 mN  
 Y= 1'115.571 mE

Sondeo Eléctrico Vertical No.1 (SEV-1). Localizado a 60m al SE del estadio municipal de Duitama, el lote donde se realizó el sondeo pertenece a EMPODUITAMA S.A - E.S.P junto al barrio las Nieves.

Tabla 2. Interpretación SEV 1

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL No.1			
Resistividad (Ohm-m)	Espesor (metros)	Profundidad (metros)	Litología
44	0.4	0.4	Arena Arcillosa (Qal)
9.7	7.4	7.8	Arcillolita (Qal)
30.2	76.4	84.2	Arena Arcillosa (Tst)
23.1	170	255	Arcillolita Arenosa (Ktg)
56.8	>145	>400	Arena Arcillosa (Kg <sub>1</sub> )

Figura 4. Curva SEV 1

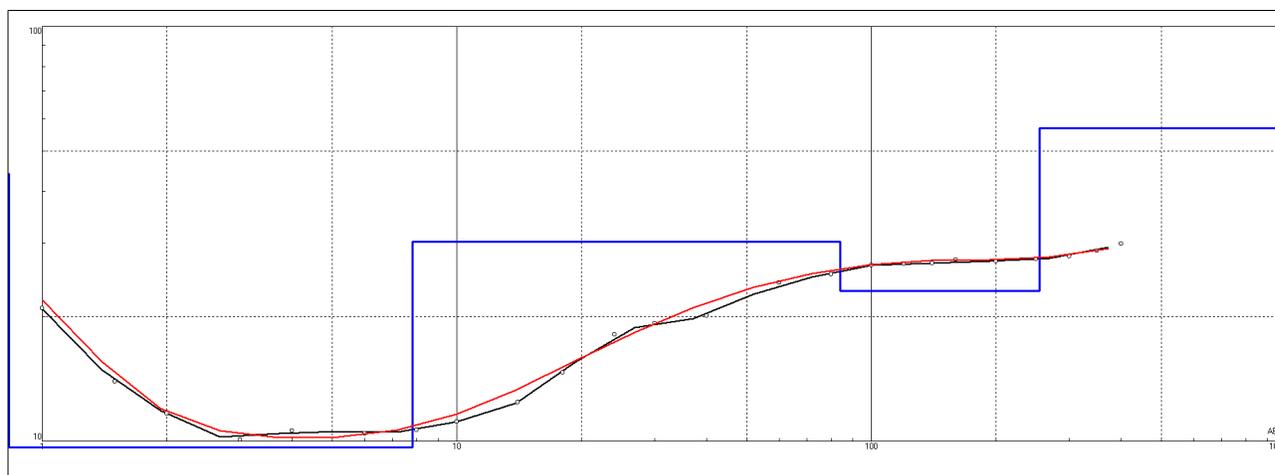
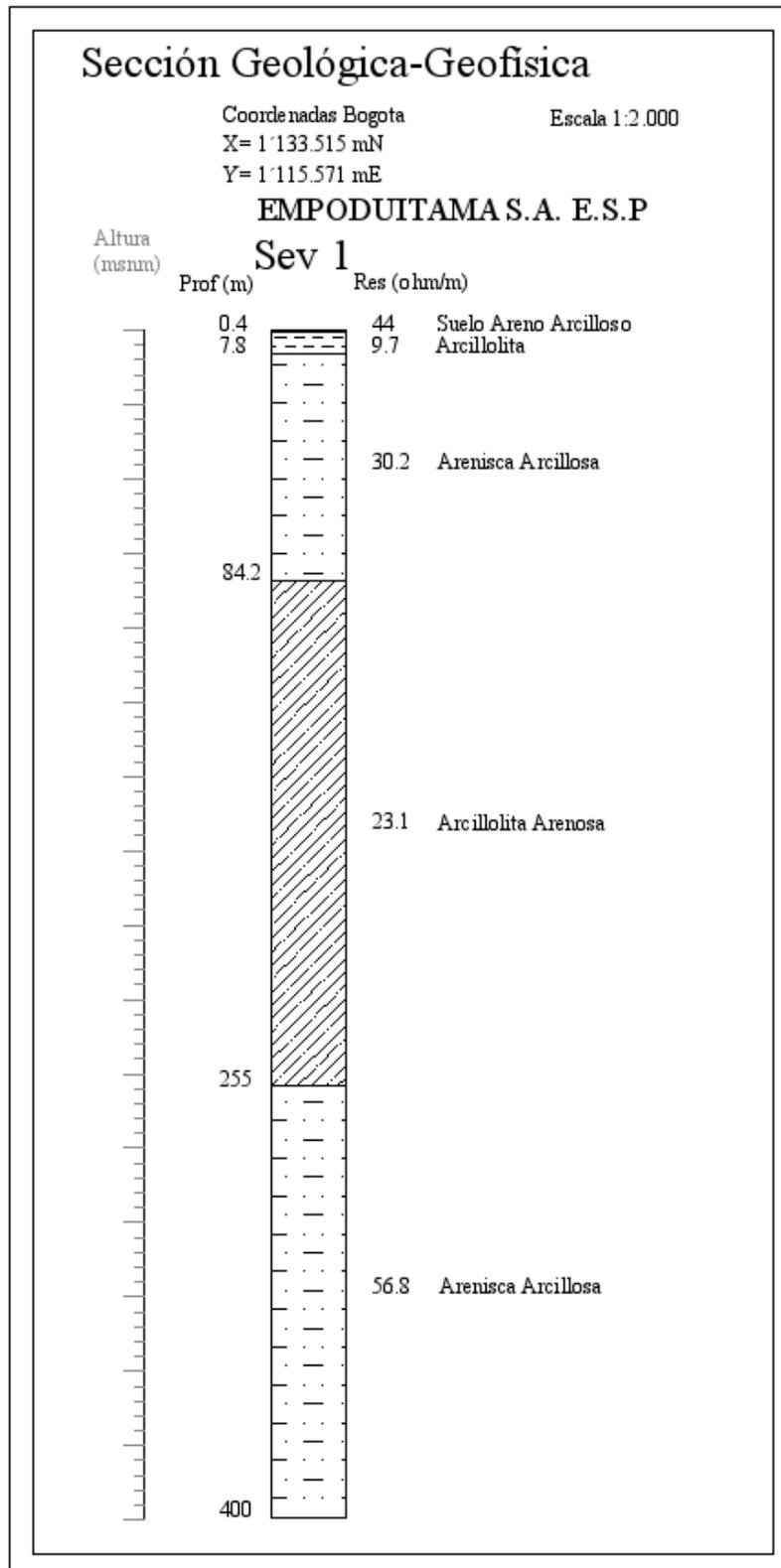


Figura 5. Columna geoelectrica SEV-1



### 6.1.2 Sondeo Eléctrico vertical No.2

Origen Bogotá: X= 1'133.215 mN  
 Y= 1'116.425 mE

Sondeo Eléctrico Vertical No.2 (SEV-2), localizado a 905 m al SE del SEV -1, el lote donde se realizó el sondeo pertenece a EMPODUITAMA S.A - E.S.P y esta junto al barrio Guadalupe.

Tabla 3. Interpretación SEV-2

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL No.2			
Resistividad (Ohm-m)	Espesor (metros)	Profundidad (metros)	Litología
222	0.3	0.3	Suelo arenoso (Qal)
6.8	0.6	0.9	Arcillolita (Qal)
20.1	12.5	13.4	Arcillolita arenosa (Qal)
35.6	80.2	93.7	Arena Arcillosa (Tst)
29	68.5	162	Arcillolita arenosa (Tst)
37.4	90.3	252	Arena Arcillosa (Ktg)
20.9	>148	>400	Arcillolita Arenosa (Kg <sub>1</sub> )

Figura 6. Curva SEV - 2

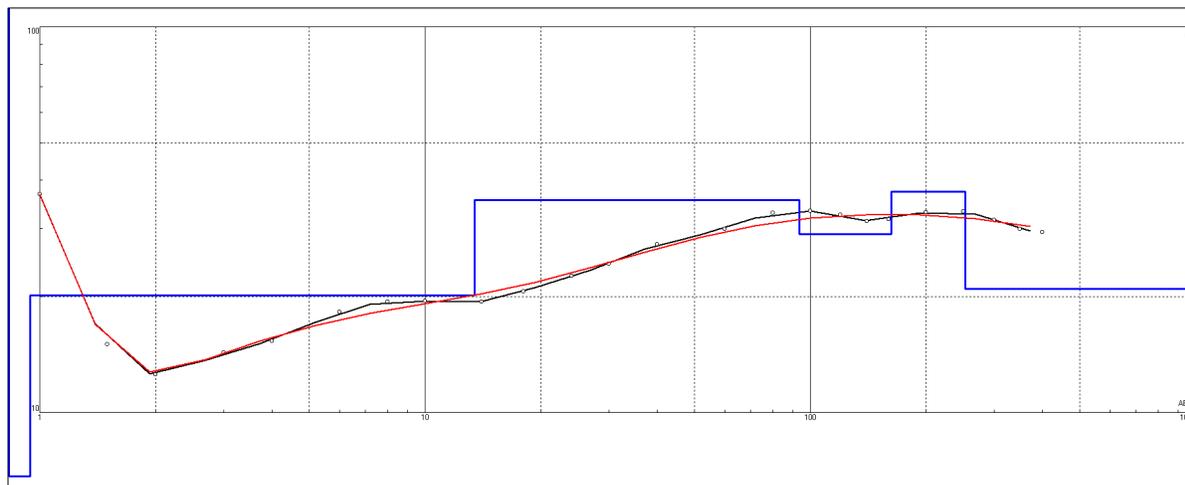
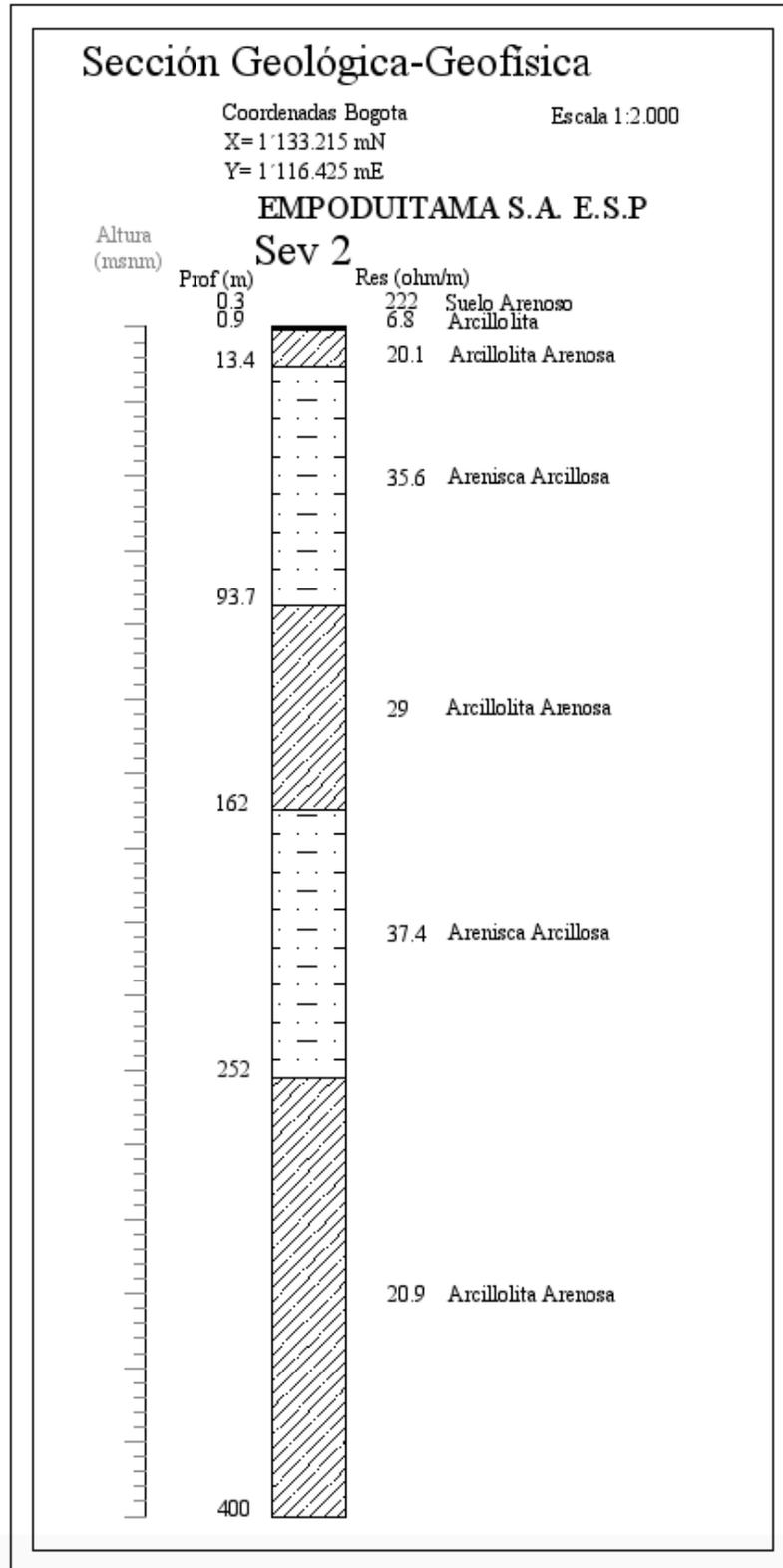


Figura 7. Columna geoelectrica SEV-2



### 6.1.3 Sondeo Eléctrico vertical No.3

Origen Bogotá: X= 1'132.677 mN  
Y= 1'116.184 mE

Sondeo Eléctrico Vertical No.3 (SEV-3), ubicado a 596 m al SE del SEV-2 en los potreros de ganadería, en dirección hacia la PTAR del acueducto.

Tabla 4. Interpretación SEV-3

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL No.3			
Resistividad (Ohm-m)	Espesor (metros)	Profundidad (metros)	Litología
8.4	0.4	0.4	Arcillolita (Qal)
2.6	0.6	1.0	Arcillolita (Qal)
7.5	5.8	6.8	Arcillolita (Qal)
13.9	42.6	49.4	Arcillolita (Tst)
20	218	267	Arcillolita Arenosa (Ktg)
34.9	>133	>400	Arena Arcillosa (Kg <sub>1</sub> )

Figura 8. Curva SEV-3

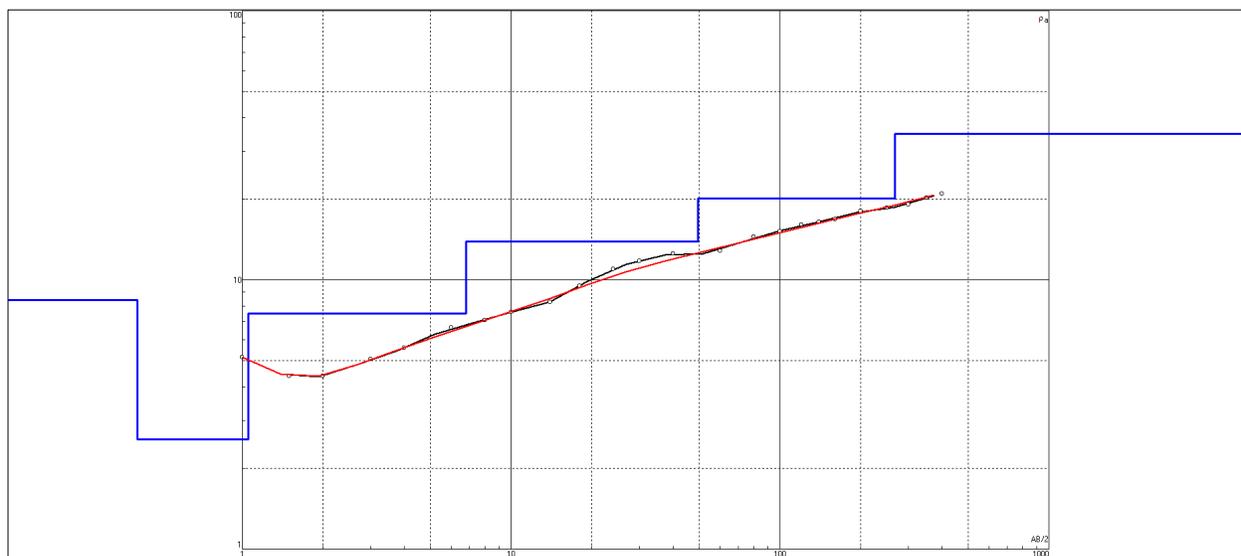
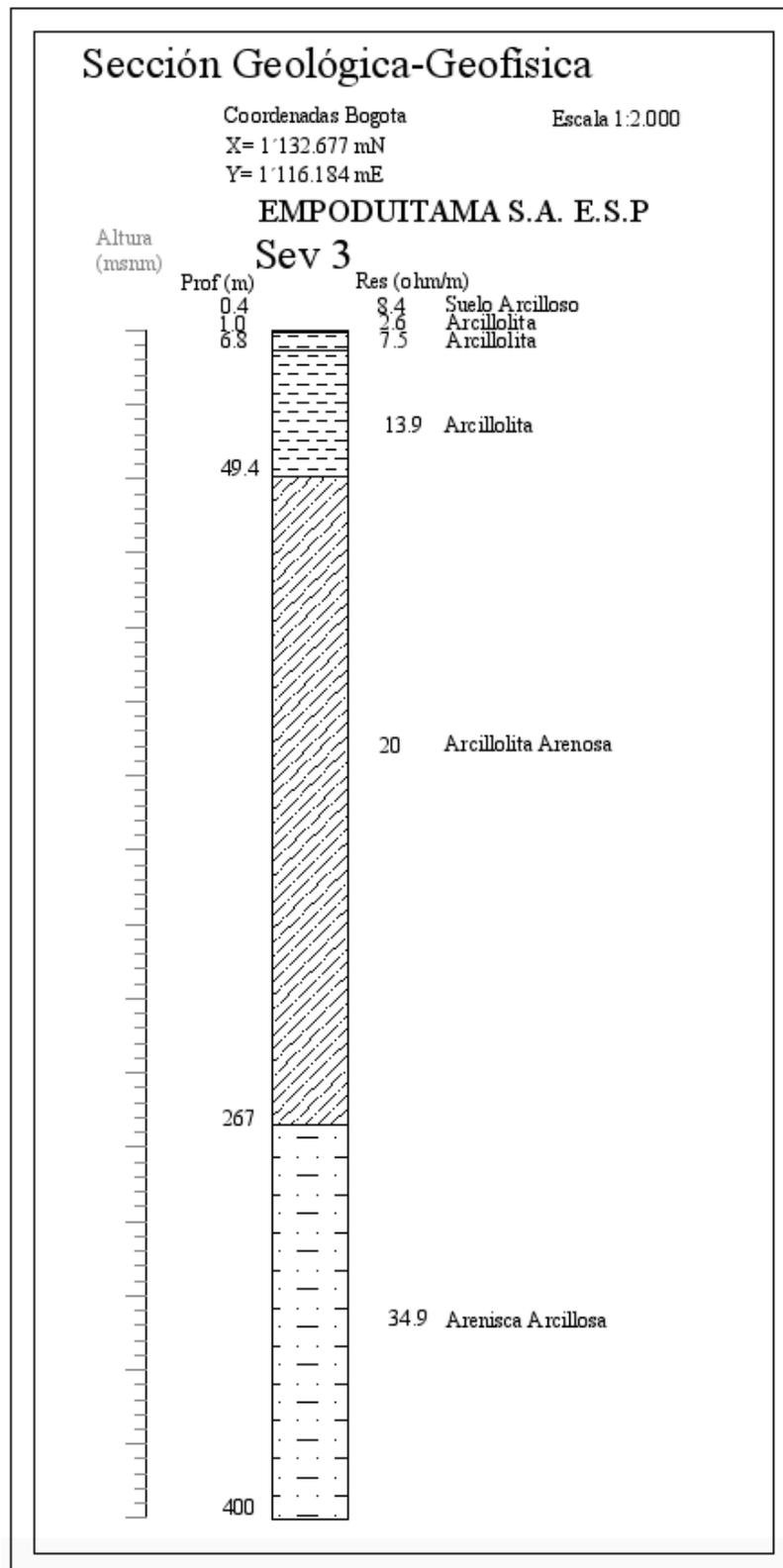


Figura 9. Columna geoelectrica SEV-3



### 6.1.4 Sondeo Eléctrico vertical No.4

Origen Bogotá: X= 1'141.400 mN

Y= 1'114.296 mE

Sondeo Eléctrico Vertical No.4 (SEV-4), se realiza en la parte alta, a 50 metros del final de la vía de la finca Altos de Santa Ana.

Tabla 5. Interpretación SEV-4

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL No.4			
Resistividad (Ohm-m)	Espesor (metros)	Profundidad (metros)	Litología
1281	0.7	0.7	Brecha de Falla
3448	1.4	2.1	Brecha de Falla
983	4.3	6.4	Brecha de Falla
1641	9.2	15.6	Brecha de Falla
325	35.1	50.7	Arenas saturadas (Jru))
204	219	269	Arenas saturadas (Ktg)
3.5	>131	>400	Arcillolita (Kg <sub>1</sub> )

Figura 10. Curva SEV-4

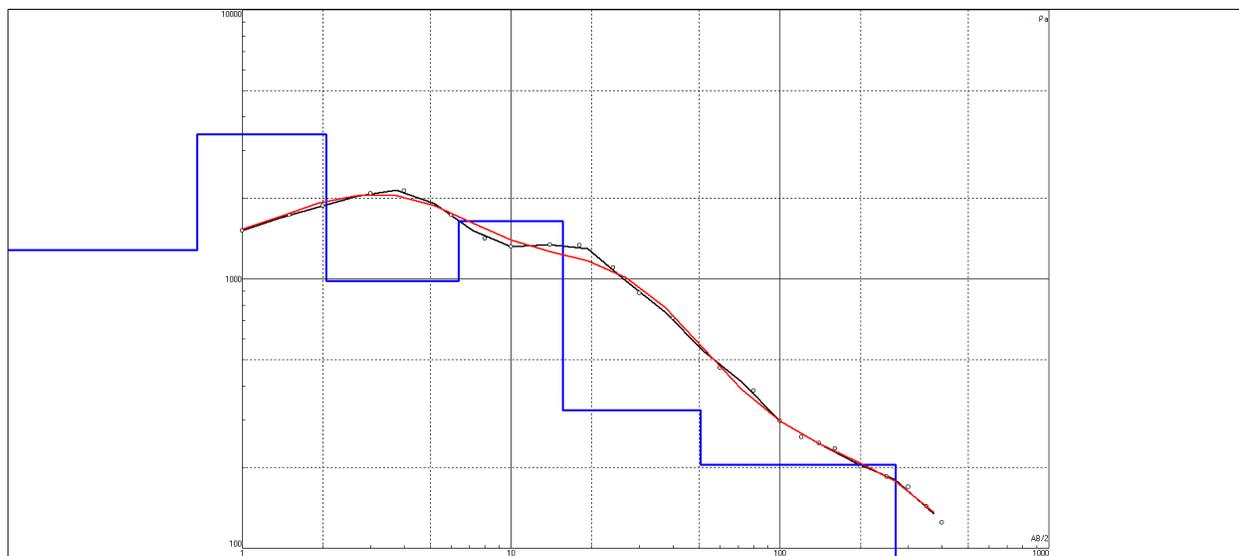
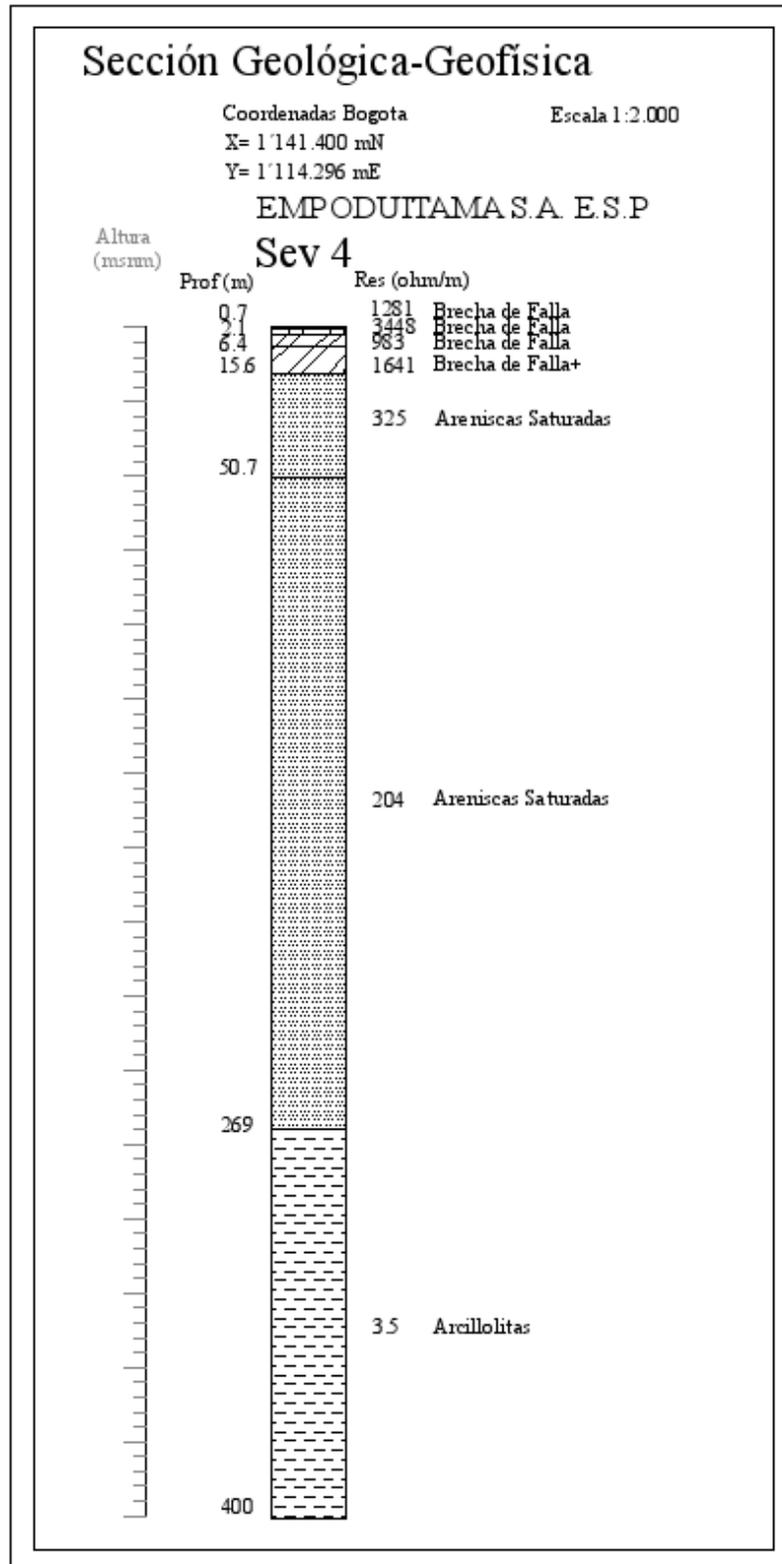


Figura 11. Columna geoelectrica SEV-4



### 6.1.5 Sondeo Eléctrico vertical No.5

Origen Bogotá: X= 1'141.258 mN

Y= 1'114.243 mE

Sondeo Eléctrico Vertical No.5 (SEV-5), se encuentra localizado a 158m al SW del SEV-4 en la planicie en el sector intermedio de la montaña.

Tabla 6. Interpretación SEV-5

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL No.5			
Resistividad (Ohm-m)	Espesor (metros)	Profundidad (metros)	Litología
316	0.4	0.4	Suelo arenoso
49561	1	1.4	Brecha de Falla
23496	0.9	2.3	Brecha de Falla
1184	2.9	5.2	Brecha de Falla
199	70.9	76.1	Arenisca fracturada saturada
95.9	66	142	Arenisca fracturada saturada
25.8	15.8	158	Arcillolita (Ktg)
50.6	67.9	226	Arcillolita Arenosa (Ktg)
528	>174	>400	Arenisca Saturada (Kg <sub>1</sub> )

Figura 12. Curva SEV-5

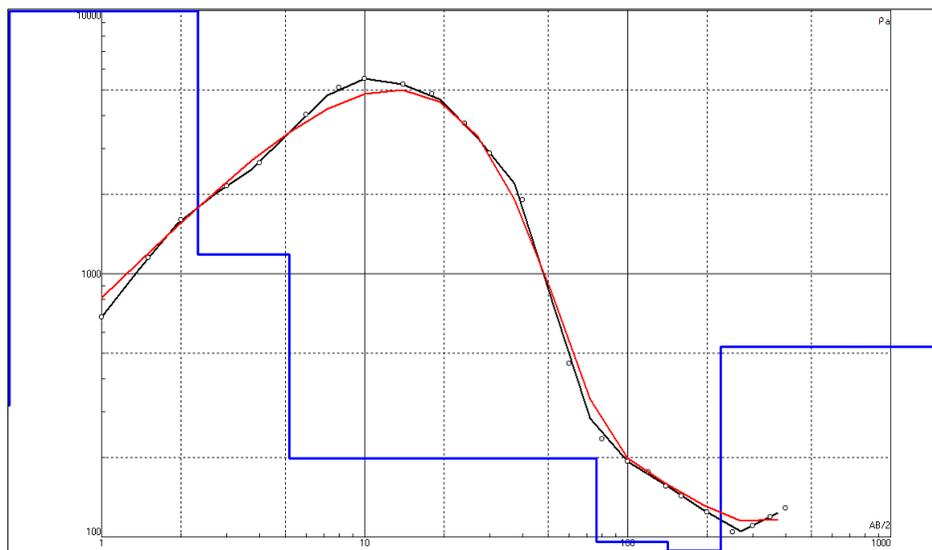
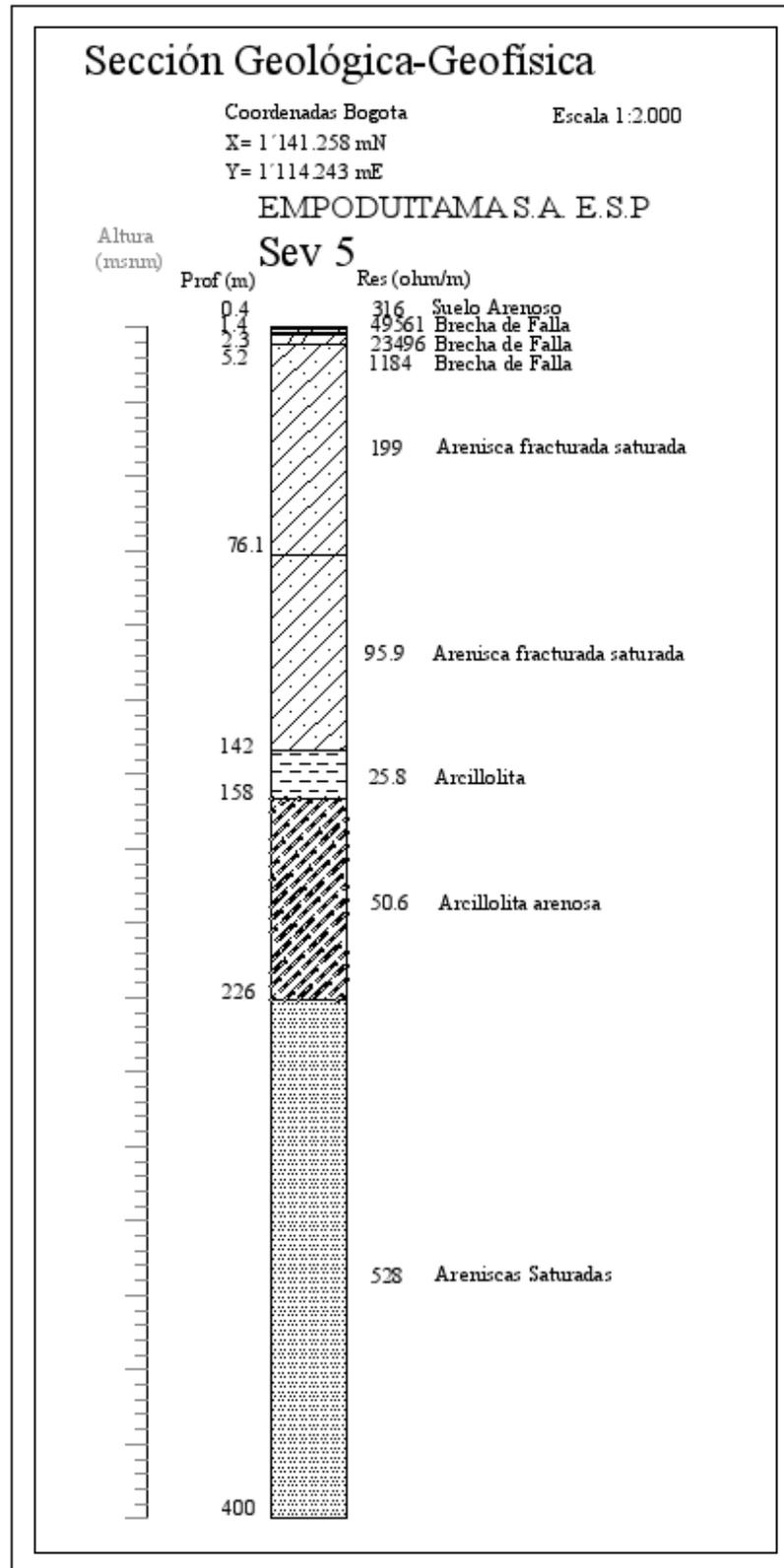


Figura 13. Columna geoelectrica SEV-5



### 6.1.6 Sondeo Eléctrico vertical No.6

Origen Bogotá: X= 1'140.878 mN  
Y= 1'114.330 mE

Sondeo Eléctrico Vertical No.6 (SEV-6), se ubica a 390m al SW del SEV-5 en la parte baja de la montaña en la finca villa Lina la cual está a 25 metros de la entrada de la finca altos de Santa Ana.

Tabla 7. Interpretación SEV-6

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL No.6			
Resistividad (Ohm-m)	Espesor (metros)	Profundidad (metros)	Litología
309	0.5	0.5	Suelo arenoso
1971	0.7	1.2	Arenas baja saturación(Ktg)
19.2	2.7	3.9	Arcillolita (Ktg)
113	42.6	46.5	Areniscas saturadas (Ktg)
33.4	215	262	Arcillolita arenosa (Ktg)
162	>138	>400	Areniscas saturadas (Kg <sub>1</sub> )

Figura 14. Curva SEV-6

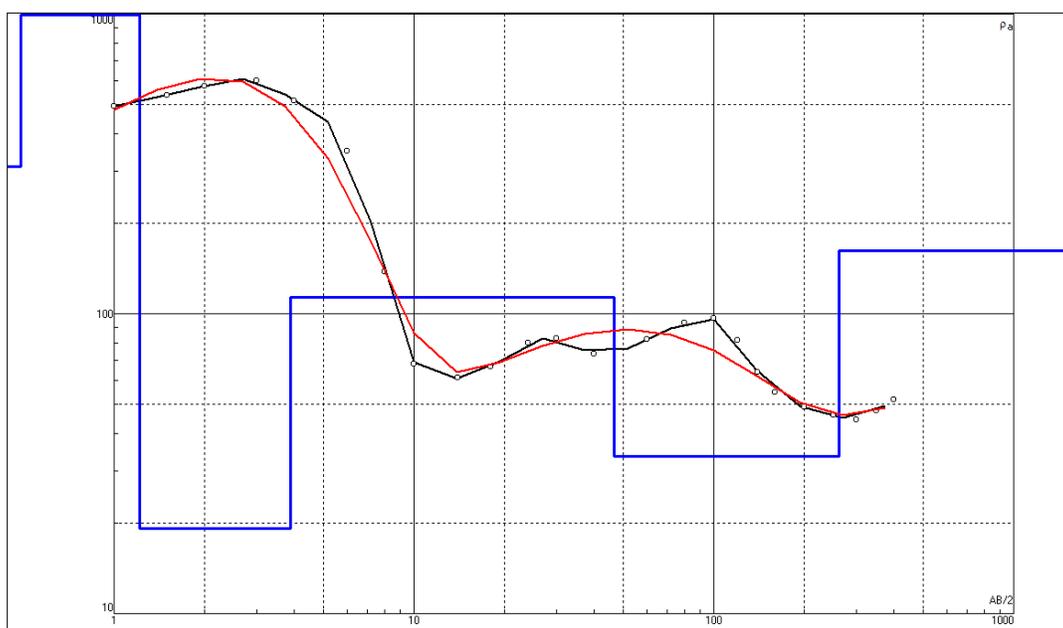
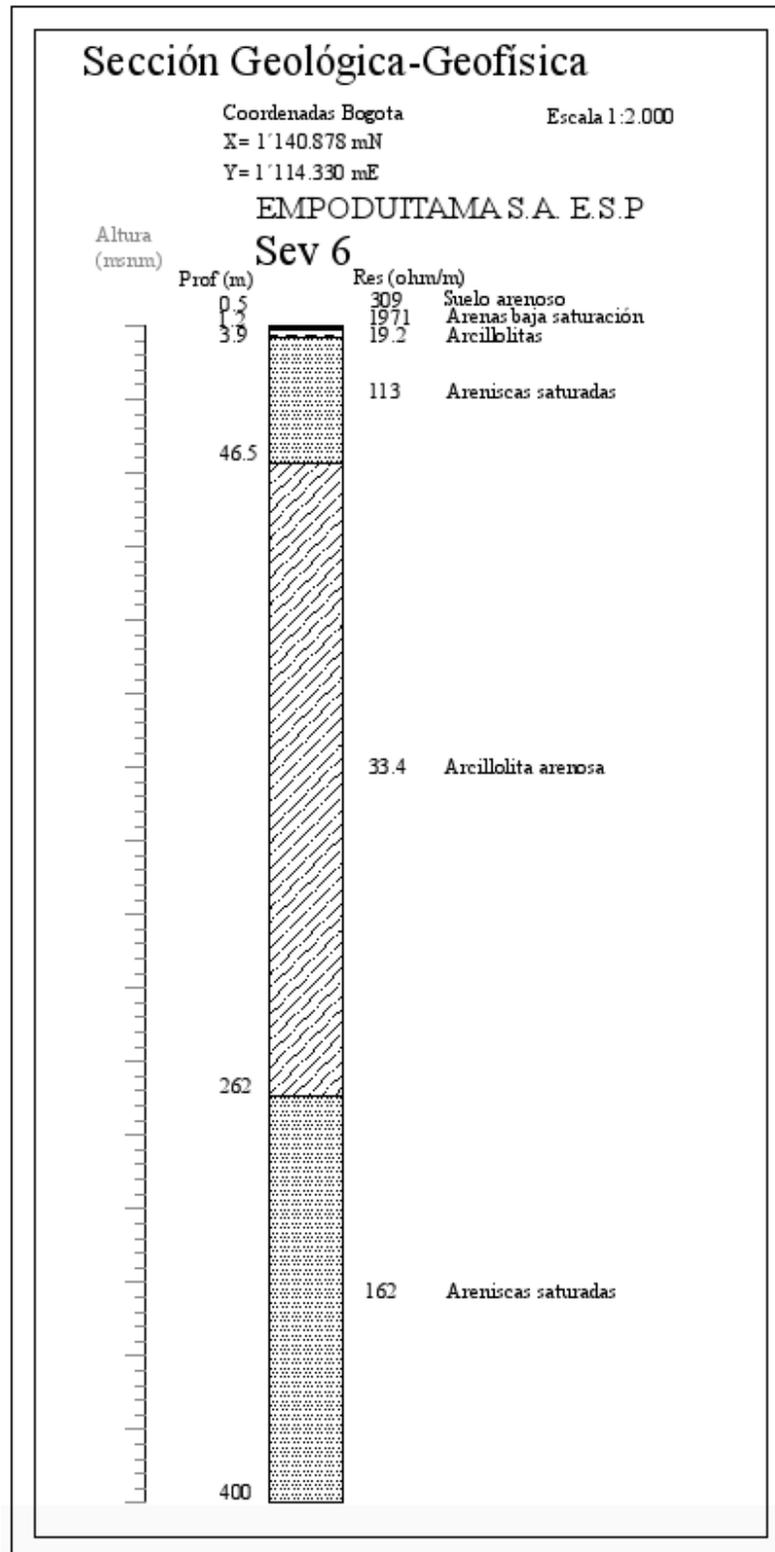


Figura 15. Columna geoelectrica SEV-6



## 5.1 RESULTADOS DE LA INTERPRETACION GEOELECTRICA

Como se menciona anteriormente los sondeos eléctricos verticales fueron realizados en dos zonas, tres de ellos (SEVs 1 – 2 - 3) localizados hacia la parte baja de la cabecera municipal, sobre depósitos cuaternarios.

Los demás sondeos (SEVs 4 – 5 – 6), se realizaron en la parte alta de la cabecera municipal, en cercanías a la falla de Boyacá, sobre las formación geológica Rusia se localizaron los SEVs 4 – 5, donde se evidencia zona de brecha de falla, presencia de areniscas fracturadas y hacia profundidad areniscas saturadas. El SEV 6 se localizo sobre la formación Guaduas.

Según los resultados obtenidos se tiene la clasificación con respecto a resistividad y litología en la Tabla 8.

Tabla 8. **Clasificación litología según el valor de resistividad**

VALOR RESISTIVIDAD (Ohm-m)	LITOLOGÍA
> 10	Arcillolita
10 - 20	Arcillolita
20 - 30	Arcillolita arenosa
30 - 80	Arenisca arcillosa
> 80 - 500	Arenisca saturada
> 300	Brecha de falla
> 2000	Arenisca baja saturación

## 6. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

Se elaboró un inventario de puntos de agua subterránea, a partir de información suministrada por EMPODUITAMA S.A y trabajo de campo realizado en las zonas cercanas a la localización de los sondeos eléctricos verticales, donde se encontraron pozos y aljibes cuyas características se describen en las Tablas 8 y 9.

Se localizaron 11 pozos de los cuales cuatro de ellos presentan profundidad inferior a cien metros, los demás superan esta medida de profundidad, el pozo 2 (El Mirto) genera el mayor caudal encontrado con un valor de 77.14 l/s con un nivel estático de 8.33 m.

Se identificaron dos aljibes con profundidad aproximada de cinco metros y nivel estático inferior a un metro.

**Tabla 9. Características Pozos**

PZ	Lugar	E	N	Cota	Profundidad (m)	NE (m)	ND (m)	Q (l/s)	PH	T °C	PRESION (PSI)	RESISTIVIDAD Ω*CM	CONDUCT μS/cm	SDT (ppm)	SALINIDAD	ORP	OD%	OD (PPM)
1	La Esperanza				130	9.90	57.96	25.41	6.81	21.5			167.9					
2	El Mirto	1117034	1134618		160	8.33	50.6	77.14	6.57	20.05			159					
3	El Bosque	1116676	1134303	2438	145	18.5	5		6.58	21.99	10.967	3654	274	137	0.13	2.1	21.9	1.42
4	San Felipe					16.23		16.23										
5	Colegio Rafael Reyes	1116784	1136642		160	5.2	16.96	8.85										
6	IPS Biosalud	1113258	1132205		20													
7	Condominios Surba y Bonza Nuevo	1113734	1132296		150	17.3	40.18	8.7	7.05	20			454	228				
8	km1 Pantano de Vargas	1114407	1132396		8				7.25	22			774	180				
9	La Reserva (sellado)	1113770	1131685		65													
10	Diaco S.A	1132620	1111960	2540	103			7.07										
11	Finca San Miguel Vereda Tocogua				56			1.57										

**Tabla 10. Características Aljibes**

AJ	Lugar	E	N	Profundidad (m)	NE (m)	PH	TEMPERATURA °C	CONDUCTIVIDAD μS/cm	SDT (ppm)
1	La Esperanza	1114056	1132025	5.15	Superficie	7.65	22	1585	804
2	La Gran Bretaña	1113993	1131942	4.86	0.7	7.64	ND	458	230

## 7. CONCLUSIONES

Los sitios que mostraron las mejores posibilidades de agua subterránea, se presentan en donde se realizaron los siguientes sondeos:

SEV-2 hasta los 270 m de profundidad, área con presencia de arenisca arcillosa, localizado en las coordenadas:

Origen Bogotá

X= 1'133.215 mN

Y= 1'116.425 mE

SEV-5 hasta los 400 m de profundidad, zona con presencia de areniscas saturadas, localizado en las coordenadas:

Origen Bogotá

X= 1'141.258 mN

Y= 1'114.243 mE

Se han realizado dos diseños de pozos exploratorios con profundidad de 400 m para el Pozo del Barrio Guadalupe hasta encontrar la interfase con el sustrato de roca y de 400 m para el Pozo en la zona montañosa.

Para el pozo en el Barrio Guadalupe se contempla una cámara de bombeo con posibilidad de albergar una bomba sumergible de capacidad 120 l/s en diseño mecánico, sin que esto implique que el acuífero tenga este potencial de agua, la capacidad real del acuífero se conocerá tan solo hasta realizar la prueba de bombeo del primer pozo perforado.

Para el pozo de 260 m del Barrio Guadalupe la cámara de bombeo esta diseñada hasta 130 m en 16" mientras que de 130 a 260 m en 10".

Para el pozo Finca Alto de Santa Ana se propone una cámara de bombeo de +0.5 a 160 m y filtros de 14" en y de 160 a 400 m tubería de 6" y filtros de 6" en acero inoxidable ranura continua de acuerdo al diseño final.

Una vez perforado el primer pozo exploratorio, se recomienda llevar a cabo un registro eléctrico o LOG de perforación que incluya curvas Resistividad corta y larga, Cáliper, Dual Laterolog (2 curvas), rayos gamma, 2 curvas de potencial espontáneo y Temperatura (total 9 curvas). La interpretación de los registros junto con el control de muestras de zanja obtenidas del pozo servirán para la ubicación exacta de filtros y la determinación del tipo de ranura a utilizar.

Una vez instalada la tubería y el empaque de grava se necesita someter a limpieza y desarrollo cada uno de los tramos de filtros, empleando los respectivos métodos, hasta que el agua extraída salga completamente limpia y libre de sedimentos. Seguidamente se efectuará la respectiva prueba de bombeo para así determinar la naturaleza del equipo que será necesario instalar para una perfecta extracción del agua.

Finalmente será necesario determinar la calidad y potabilidad del agua extraída mediante un análisis físico-químico.

Cordialmente,

---

**ANDRÉS MARTÍNEZ SÁNCHEZ**  
Ingeniero Geólogo

## ANEXO 1. **Fotográfico**



Foto N°1



Foto N°2

Empoduitama - Duitama – Boyacá – Sondeo localizado a 60m al Sureste del estadio municipal y frente al molino de viento

Sondeo Eléctrico Vertical N°1 (SEV-1)



Foto N°3



Foto N°4

Otra Vista del SEV-1



Foto N°5



Foto N°6

Empoduitama - Duitama – Boyacá – Sondeo localizado a 905m al sureste del SEV-1 en el potrero de ganado frente al cultivo de cebolla

Sondeo Eléctrico Vertical N°2 (SEV-2)



Foto N°7



Foto N°8

Otra Vista del SEV-2



Foto N°9



Foto N°10

Empoduitama - Duitama – Boyacá – Sondeo a 593m al sureste En el potrero de ganado a

Sondeo Eléctrico Vertical N°3 (SEV-3)



Foto N°11



Foto N°12

Otra Vista del SEV-3



Foto N°13



Foto N°14

Empoduitama - Duitama – Boyacá – Sondeo en el sector alto del predio a 50m  
donde termina la vía destapada hacia el costado norte del predio

Sondeo Eléctrico Vertical N°4 (SEV-4)



Foto N°15



Foto N°16

Otra Vista del SEV-4



Foto N°17



Foto N°18

Empoduitama - Duitama – Boyacá – Sondeo a 153m al suroeste del SEV-4 en la parte plana del sector de la montaña

Sondeo Eléctrico Vertical N°5 (SEV-5)



Foto N°19



Foto N°20

Otra Vista del SEV-5



Foto N°17



Foto N°18

Empoduitama - Duitama – Boyacá – Sondeo a 390m al sureste del SEV-5 parte  
baja de la montaña

Sondeo Eléctrico Vertical N°6 (SEV-6)



Foto N°19



Foto N°20

Otra Vista del SEV-6



Foto N°17



Foto N°18

### Pozo el Bosque

### Empoduitama - Duitama – Boyacá



Foto N°19



Foto N°20

### Pozo El Mirto Mantenimiento

## ANEXO 2. ***Mapa localización puntos de agua y SEVs***

### ANEXO 3. ***Diseño del pozo Barrio Guadalupe***

## **DISEÑO PRELIMINAR DEL POZO BARRIO GUADALUPE de DUITAMA**

Debido a que las condiciones hidrogeológicas bajo la zona recomendada es relativamente la misma se plantea el mismo diseño preliminar para los pozos a perforar.

### **1. LOCALIZACIÓN**

Plancha IGAC: Escala 1:10.000, las coordenadas del nuevo pozo son donde se realizó el SEV-2:

X= 1'133.215 mN

Y= 1'116.425 mE

### **2. MÉTODO DE PERFORACIÓN**

El método de perforación a utilizar deberá ser el de perforación con broca, de rotación y circulación de lodos. Con la utilización de lodo bentonítico preferiblemente tipo Baroid.

### **3. PROFUNDIDAD**

Pozo exploratorio hasta encontrar la base del depósito cuaternario estimada en 260 m, para un total de 270 m de perforación o hasta encontrara la interfase entre el Depósito Cuaternario y la roca del sustrato, la profundidad final del pozo será definida de acuerdo a los resultados de las muestras de zanja y registro eléctrico del pozo.

### **3. CALIDAD DE AGUA**

Terminada la prueba de bombeo será necesario realizar una caracterización del agua con análisis físico químico y bacteriológico de la misma.

### **4. DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO**

El diseño del sistema de bombeo solo se podrá calcular hasta una vez sea hecha la prueba de bombeo del pozo, pero se tiene estimado en base a la información de los pozos vecinos un caudal del orden de 80 l/s

## 5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### 5.1. Movilización de equipos y adecuación del sitio de la perforación

Los equipos de perforación y sus herramientas serán trasladados desde la base hasta la localización del pozo. Una vez localizada la máquina de perforación, se adecuará el sitio, excavando piscinas para el manejo de los lodos de perforación, debe ser colocado un casing de 30 m en diámetro de mínimo 24”.

### 5.2. Perforación exploratoria.

Una vez estabilizada la superficie del terreno con el antepozo, se procederá a perforar, con lodo bentonítico convencional hasta la profundidad recomendada de 270 m en un diámetro de 12 1/4”. Se tomarán muestras de los ripios de perforación, metro a metro y se registrará la rata de perforación, se anotará la viscosidad del lodo y las anomalías que se puedan presentar, como pérdida o cambios en la viscosidad del mismo. Se llevará en la obra un informe diario donde se registrarán todos los datos mencionados.

### 5.3. Ampliación.

El pozo debe ser ampliado en 22” desde la base del casing hasta los 140 m de profundidad, de 140 a 270 m la ampliación debe ser realizada en diámetro de 17 1/2”.

### 5.3. Alistamiento e instalación de tubería y filtros.

Una vez establecido el diseño final del pozo, al alistamiento de la tubería de 16” en acero al carbón nueva sin costura SCH40 de +0.5 a 130 m y filtros de 16” en acero inoxidable de acuerdo al diseño acordado, en profundidad de 130 a 260 m tubería nueva de acero al carbón sin costura en 10” y filtros de 10” en acero inoxidable ranura continua de acuerdo al diseño final.

### 5.4. Instalación del empaque de grava.

Con la terminación de la entubada, se introducirá en el revestimiento del pozo la tubería de perforación hasta el fondo del revestimiento, a través del cual se inyectará agua al pozo para adelgazar el lodo y se procederá a engravillar el pozo circulando con agua limpia para evitar que se puentee la gravilla. La grava se colocará en el espacio anular, entre el revestimiento y la pared del pozo. Se utilizará grava seleccionada, principalmente de cuarzo, de acuerdo con la granulometría del acuífero y las ranuras de los filtros.

#### 5.5. Prueba de bombeo y recomendación de la bomba definitiva.

La prueba de bombeo se llevará a cabo con bomba sumergible. Esta prueba tendrá una duración mínima de 24 horas de bombeo con un caudal constante y 12 horas de recuperación. Durante la prueba se medirá periódicamente el nivel dinámico del agua.

Con los resultados de la prueba de bombeo se procederá al diseño y recomendación de la bomba definitiva.

#### 5.6. Desmovilización.

Una vez terminada la prueba de bombeo y la hechura de la base del pozo, se retirará la máquina de perforación con todos sus accesorios, procediendo luego a tapar las piscinas de lodo con el material excavado y a revegetalizar el área. El lote se entregará tal como fue encontrado antes de ejecutar el pozo.

#### 5.7. Informe final.

Se preparará un informe final de la construcción del pozo con todos los datos técnicos, geológicos e hidrogeológicos del mismo.

## ANEXO 4. ***Diseño del pozo Finca Alto de Santa Ana***

## **DISEÑO PRELIMINAR DEL POZO FINCA ALTO DE SANTA ANA de DUITAMA**

Debido a que las condiciones hidrogeológicas bajo la zona recomendada es relativamente la misma se plantea el mismo diseño preliminar para los pozos a perforar.

### **1. LOCALIZACIÓN**

Las coordenadas del nuevo pozo son donde se realizó el SEV-5 hasta los 400 m de profundidad, zona con presencia de areniscas saturadas, localizado en las coordenadas:

Origen Bogotá

X= 1'141.258 mN

Y= 1'114.243 mE

### **2. MÉTODO DE PERFORACIÓN**

El método de perforación a utilizar deberá ser el de perforación con broca, de rotación y circulación de lodos. Con la utilización de lodo bentonítico preferiblemente tipo Baroid.

### **3. PROFUNDIDAD**

Pozo exploratorio hasta encontrar las rocas de la Arenisca Tierna, labor y plaeners estimada en 400 m, para un total de 410 m de perforación, la profundidad final del pozo será definida de acuerdo a los resultados de las muestras de zanja y registro eléctrico del pozo.

### **3. CALIDAD DE AGUA**

Terminada la prueba de bombeo será necesario realizar una caracterización del agua con análisis físico químico y bacteriológico de la misma.

### **4. DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO**

El diseño del sistema de bombeo solo se podrá calcular hasta una vez sea hecha la prueba de bombeo del pozo.

## 5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### 5.1. Movilización de equipos y adecuación del sitio de la perforación

Los equipos de perforación y sus herramientas serán trasladados desde la base hasta la localización del pozo. Una vez localizada la máquina de perforación, se adecuará el sitio, excavando piscinas para el manejo de los lodos de perforación, debe ser colocado un casing de 30 m en diámetro de mínimo 24”.

### 5.2. Perforación exploratoria.

Una vez estabilizada la superficie del terreno con el antepozo, se procederá a perforar, con lodo bentonítico convencional hasta la profundidad recomendada de 410 m en un diámetro de 12 1/4”. Se tomarán muestras de los ripios de perforación, metro a metro y se registrará la rata de perforación, se anotará la viscosidad del lodo y las anomalías que se puedan presentar, como pérdida o cambios en la viscosidad del mismo. Se llevará en la obra un informe diario donde se registrarán todos los datos mencionados.

### 5.3. Ampliación.

El pozo debe ser ampliado en 20” desde la base del casing hasta los 170 m de profundidad, de 170 a 410 m la ampliación debe ser realizada en diámetro de 12 1/4”.

### 5.3. Alistamiento e instalación de tubería y filtros.

Una vez establecido el diseño final del pozo, al alistamiento de la tubería de 14” en acero al carbón nueva sin costura SCH40 de +0.5 a 160 m y filtros de 14” en acero inoxidable de acuerdo al diseño acordado, en profundidad de 160 a 400 m tubería nueva de acero al carbón sin costura en 6” y filtros de 6” en acero inoxidable ranura continua de acuerdo al diseño final.

### 5.4. Instalación del empaque de grava.

Con la terminación de la entubada, se introducirá en el revestimiento del pozo la tubería de perforación hasta el fondo del revestimiento, a través del cual se inyectará agua al pozo para adelgazar el lodo y se procederá a engravillar el pozo circulando con agua limpia para evitar que se puentee la gravilla. La grava se colocará en el espacio anular, entre el revestimiento y la pared del pozo. Se utilizará grava seleccionada, principalmente de cuarzo, de acuerdo con la granulometría del acuífero y las ranuras de los filtros.

### 5.5. Prueba de bombeo y recomendación de la bomba definitiva.

La prueba de bombeo se llevará a cabo con bomba sumergible. Esta prueba tendrá una duración mínima de 24 horas de bombeo con un caudal constante y 12 horas de recuperación. Durante la prueba se medirá periódicamente el nivel dinámico del agua.

Con los resultados de la prueba de bombeo se procederá al diseño y recomendación de la bomba definitiva.

#### 5.6. Desmovilización.

Una vez terminada la prueba de bombeo y la hechura de la base del pozo, se retirará la máquina de perforación con todos sus accesorios, procediendo luego a tapar las piscinas de lodo con el material excavado y a revegetalizar el área. El lote se entregará tal como fue encontrado antes de ejecutar el pozo.

#### 5.7. Informe final.

Se preparará un informe final de la construcción del pozo con todos los datos técnicos, geológicos e hidrogeológicos del mismo.

## ANEXO 5. ***Presupuesto del pozo Barrio Guadalupe***

## ANEXO 6. ***Presupuesto del pozo Finca Alto de Santa Ana***

## ANEXO 7. ***Términos de referencia pozo Barrio Guadalupe***

## ANEXO 8. ***Términos de referencia pozo Finca Alto de Santa Ana***