

# Producto 2.

Volumen 4 de 4

## Medición de resistividad de tierra y estudios preliminares para la línea de alimentación eléctrica

Diciembre 2013



Contrato No.  
1-02-25500-0690-2011

Versión: 1

Fecha: 03 / 12 / 2013

REALIZAR EL DISEÑO A  
NIVEL DE INGENIERÍA DE  
DETALLE DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DE "CANOAS"  
EN LOS COMPONENTES  
ASOCIADOS AL SISTEMA DE  
TRATAMIENTO PRIMARIO  
CON ASISTENCIA QUÍMICA

 **INGESAM**  
S.A.S.  
Ingenieros Consultores / Teléfono 4660 1170

**CDM**  
**Smith**

### CONTROL DE REVISIONES

TITULO DEL DOCUMENTO: <b>Informe Producto No. 2 “Informe de Estudios Preliminares de Campo”</b>	
CLIENTE: <b>ACUEDUCTO DE BOGOTA</b>	
PROYECTO: PTAR CANOAS	No. 89244
PROPUESTA:	No.

#### DESCRIPCION DE REVISIONES.

VERSION	DESCRIPCION Y/O ESTADO	FECHA DE APROBACION	OBSERVACIONES
0	Informe Producto No. 2 – Volumen 4. Mediciones de resistividad de tierra y estudios preliminares para la línea de alimentación eléctrica.	09-10-2013	
1	Informe Producto No. 2 – Volumen 4. Mediciones de resistividad de tierra y estudios preliminares para la línea de alimentación eléctrica.	03-12-2013	Incluye la respuesta a las observaciones y comentarios de la Interventoría, realizados directamente en el informe de la versión 0 y en el Oficio PT-CAN-353-13 del 5 de noviembre de 2013.

#### DESCRIPCIÓN DE ANEXOS.

ANEXO 1 Registros de los sondeos eléctricos verticales para mediciones de resistividad de tierra.

#### CONTROL DE REVISION Y APROBACION.

REVISADO POR: (AREA/CARGO/FIRMA)   <b>Solomon Abel</b> <b>Asistente CO-DIRECTOR NACIONAL</b> Consortio CDM INGESAM	APROBADO POR: (AREA/CARGO/FIRMA)   <b>Robert Gaudes</b> Director Internacional de la Consultoría <b>Consortio CDM INGESAM</b>
---	--



**EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ  
E.S.P.**

**CONTRATO No. 1-02-25500-0690-2011**

**REALIZAR EL DISEÑO A NIVEL DE INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE “CANOAS” EN LOS COMPONENTES ASOCIADOS AL SISTEMA DE  
TRATAMIENTO PRIMARIO CON ASISTENCIA QUÍMICA**

**PRODUCTO No. 2**

**INFORME DE ESTUDIOS PRELIMINARES DE CAMPO**

**Volumen 4 – Informe de medición de resistividad de tierra y  
estudios preliminares para la línea de transmisión eléctrica**

Preparado por:  
CONSORCIO  
CDM Smith - INGESAM SAS

Diciembre de 2013

# Tabla de contenido

<b>Sección 1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>1-1</b>
<b>Sección 2</b>	<b>Mediciones de resistividad de tierra.....</b>	<b>2-1</b>
2.1	Introducción .....	2-1
2.2	Antecedentes.....	2-1
2.3	Objetivo.....	2-1
2.4	Alcance .....	2-1
2.5	Metodología .....	2-2
2.6	Resultados .....	2-4
2.7	Conclusiones y recomendaciones.....	2-9
<b>Sección 3</b>	<b>Requerimientos de cargas para el proyecto.....</b>	<b>3-1</b>
<b>Sección 4</b>	<b>Normatividad aplicable.....</b>	<b>4-1</b>
<b>Sección 5</b>	<b>Identificación de infraestructura eléctrica en los alrededores del sitio de la PTAR Canoas</b>	<b>5-1</b>
<b>Sección 6</b>	<b>Alternativas de conexión .....</b>	<b>6-1</b>
6.1	Alternativa 1. Conexión a 230 kV con S/E de EPM.....	6-1
6.2	Alternativa 2. Conexión nueva a 115 kV con S/E Muña 3 (GIS) (o Nueva Esperanza) y Muña - CODENSA.....	6-2
6.3	Alternativa 3. Línea radial nueva desde Muña 3 o Nueva Esperanza .....	6-3
6.4	Alternativa 4. Abrir líneas existentes de 115 kV de CODENSA.....	6-4
6.5	Alternativa 5. Línea nueva de 115 kV desde Muña 3 (o Nueva Esperanza), energizada a 34,5 kV .....	6-5
6.6	Alternativa 6. Conexión a media tensión 57,5 o 34,5 kV – CODENSA .....	6-6
6.7	Alternativa recomendada (sistema de 115 kV).....	6-6
6.8	Resultados de reunión preliminar con CODENSA.....	6-8

## Lista de tablas

---

Tabla 2-1 Localización de sondeos eléctricos verticales realizados para los trabajos de campo preliminares de la PTAR Canoas.....	2-4
Tabla 2-2 Desviación estándar de resistividades .....	2-8
Tabla 3-1 Potencia eléctrica estimada usada por fases. HMV, 2008 .....	3-1
Tabla 3-2 Potencia eléctrica estimada instalada por fases. HMV, 2008.....	3-1
Tabla 5-1 Información de la infraestructura de transmisión y distribución eléctrica en la zona del proyecto.....	5-1

## Lista de figuras

Figura 5-1 Localización de infraestructura eléctrica en los alrededores del sitio de la PTAR Canoas..	5-3
Figura 6-1 Diagrama unifilar de la Alternativa 1. Conexión a 230 kV con S/E de EEB o EPM.....	6-1
Figura 6-2 Localización de la futura sub-estación eléctrica Nueva Esperanza .....	6-2
Figura 6-3 Diagrama unifilar de la Alternativa 2. Conexión nueva a 115 kv con S/E Muña 3 (GIS) (o Nueva Esperanza) y Muña - CODENSA .....	6-3
Figura 6-4. Diagrama unifilar de la Alternativa 3. Línea radial nueva desde Muña 3 o desde Nueva Esperanza .....	6-4
Figura 6-5 Diagrama unifilar de la Alternativa 4. Abrir líneas existentes de 115 kV de CODENSA.....	6-5
Figura 6-6 Diagrama unifilar de la Alternativa 4. Línea nueva de 115 kV desde Muña 3 (o Nueva Esperanza), energizada a 34,5 kV .....	6-6
Figura 6-7 Subestación encapsulada tipo GIS.....	6-7
Figura 6-8. Propuesta de diagramas unifilares a 115 kV para las diferentes fases del proyecto .....	6-7

## Siglas y abreviaturas

ANLA	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
AT	Alta Tensión
BT	Baja Tensión
CAR	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
CND	Centro Nacional de Despacho
CREG	Comisión Reguladora de Energía y Gas
CTDI	Condiciones y Términos de la Invitación
EAAB	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá
EBARC	Estación de Bombeo de Aguas Residuales Canoas
EEB	Empresa de Energía de Bogotá
EPM	Empresas Públicas de Medellín
GIS	Gas Insulated Swithgear
GPS	Global Positioning System
HMV	Hidroestudios Mejía Villegas Ingenieros
IEC	International Electrotechnical Commission
kV	Kilovoltios
MT	Media Tensión
MVA	Megavoltioamperio
MW	Megavatio
NTC	Norma Técnica Colombiana
ONAN/ONAF	Oil Natural Air Natura / Oil Natural Air Forced
POT	Plan de Ordenamiento Territorial
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
RAS	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
SEV	Sondeos Eléctricos Verticales
SIN	Sistema Interconectado Nacional
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética

## Sección 1

# Introducción

El Producto 2 del contrato de consultoría N° 1-02-25500-0690-2011 suscrito entre el ACUEDUCTO DE BOGOTÁ y el Consorcio CDM Smith – INGESAM para *realizar el diseño a nivel de ingeniería de detalle de la planta de tratamiento de aguas residuales de “Canoas” en los componentes asociados al sistema de tratamiento primario con asistencia química*, comprende la ejecución de los trabajos preliminares de campo requeridos para completar la información existente que permita el desarrollo de la evaluación de alternativas prevista en los Productos 3 al 6 del contrato. De acuerdo con las Condiciones y Términos de la Invitación (CTDI), estos trabajos tienen los siguientes alcances:

- Levantamiento topográfico detallado del terreno de la hacienda Canoas, destinado por el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Soacha para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Canoas.
- Evaluación geotécnica preliminar del terreno de la hacienda Canoas, destinado por el POT de Soacha para la construcción de la PTAR Canoas.
- Estudio de propagación – comunicación.
- Mediciones de resistividad de tierra para diseño de malla a tierra.
- Estudios para el trazado de la línea de alimentación eléctrica para la planta de tratamiento.

Para facilitar el entendimiento de la información y los resultados de los diferentes trabajos que conforman el Producto 2 del contrato, el informe de este producto se ha organizado en cuatro volúmenes, de la siguiente manera:

- Volumen 1. Levantamiento topográfico detallado del sitio destinado para la PTAR Canoas.
- Volumen 2. Evaluación geotécnica preliminar del sitio destinado a la PTAR Canoas.
- Volumen 3. Estudios de propagación – comunicación.
- Volumen 4. Mediciones de resistividad de tierra y estudios preliminares para el trazado de la línea de alimentación eléctrica para la PTAR Canoas.

El presente documento corresponde al Volumen 4 del Informe del Producto 2, el cual contiene los resultados de las mediciones de resistividad de tierra y los estudios preliminares para el trazado de la línea de alimentación eléctrica para la PTAR Canoas. Las mediciones de resistividad fueron realizadas por la Firma EDIFICA Colombia, mientras los trabajos relacionados con los estudios para el trazado de la línea de alimentación eléctrica fueron realizados por la Firma ALIANZA Suministros Integrales, ambos a través de sub-contratos suscritos con CDM Smith.

Aunque los SEV se realizaron como parte de los estudios geotécnicos, el objetivo en este Producto 2 es obtener una estimación preliminar de la resistividad del terreno del lote de la PTAR Canoas, la cual será complementada por una campaña de mediciones específica para el diseño de la malla a tierra, que se realizará dentro del Producto 7 de este contrato, tal como fue acordado con la Interventoría y la EAAB en la reunión del 12 de septiembre de 2013 y en el Informe de Gestión No. 8, correspondiente al



período agosto- septiembre de 2013. Esta modificación al alcance se acordó, con el fin de maximizar los recursos definidos en el contrato para estos estudios, de manera que ellos se realicen cuando se cuente con la localización definitiva de las sub-estaciones eléctricas principal y secundarias de la PTAR Canoas.

Este Informe está organizado en seis secciones, así:

1. **Introducción.**
2. **Mediciones de resistividad de tierra.** Esta sección presenta los resultados de las mediciones de resistividad eléctrica realizadas en el sitio de la futura PTAR Canoas.
3. **Requerimiento de cargas para el proyecto.** Dado que en el momento actual del proyecto aún no se dispone de información sobre los procesos de tratamiento, que permita realizar un estimativo de las cargas que demandará la PTAR Canoas, se adoptó de manera preliminar trabajar con las cargas estimadas por HMV Ingenieros en el estudio de pre-dimensionamiento realizado en 2008. En esta sección se incluye un resumen de las cargas estimadas por HMV.
4. **Normatividad aplicable.** Esta sección presenta una relación de la normatividad aplicable a sub-estaciones y líneas de transmisión eléctrica, que debe ser considerada para el suministro eléctrico a la futura planta.
5. **Identificación de infraestructura eléctrica en los alrededores del sitio de la PTAR.** Esta sección presenta un resumen de la infraestructura eléctrica identificada en los alrededores del sitio de la futura PTAR. El detalle de esta investigación fue incluido en el Informe del Producto 1 de esta consultoría.
6. **Alternativas de conexión.** Con base en el inventario de la infraestructura existente y los requerimientos de carga estimados por HMV en el estudio de pre-dimensionamiento, se plantean en esta sección, seis posibles opciones de conexión eléctrica a la PTAR.

## Sección 2

# Mediciones de resistividad de tierra

## 2.1 Introducción

Esta Sección contiene la descripción y los resultados de las actividades de prospección geofísica efectuadas con el fin de complementar la evaluación de parámetros geotécnicos de los diferentes estratos que conforman el subsuelo en el sitio del proyecto de la PTAR Canoas.

La prospección geofísica incluyó ensayos de velocidad de propagación de ondas sísmicas down-hole en perforaciones efectuadas para sondeos geotécnicos, ensayos de velocidad de propagación de ondas sísmicas down-hole efectuados conjuntamente con los ensayos CPT, y sondeos eléctricos verticales.

Se denomina Sondeo Eléctrico a una serie de determinaciones de la resistividad aparente efectuadas con el mismo tipo de dispositivo y separación creciente entre electrodos de emisión y recepción. Si el dispositivo es simétrico y permanecen fijos el centro y el azimut, se denomina Sondeo Eléctrico Vertical (SEV).

A continuación se presenta el procedimiento de ejecución y los resultados obtenidos para los sondeos eléctricos verticales. Los resultados de los otros estudios se presentan en el Volumen 2 de este Producto.

## 2.2 Antecedentes

Todas las técnicas geofísicas intentan distinguir o reconocer las formaciones geológicas que se encuentran en profundidad mediante algún parámetro físico, por ejemplo en sísmica por la velocidad de transmisión de las ondas o en prospección eléctrica por la resistividad.

Existen diversas técnicas geofísicas eléctricas o electromagnéticas que miden la resistividad de los materiales, o en algún caso su inverso, la Conductividad. Algunas de estas técnicas son más modernas y mucho más precisas, pero los Sondeos Eléctricos Verticales se siguen utilizando por su sencillez y la relativa economía del equipo necesario.

## 2.3 Objetivo

La finalidad del sondeo eléctrico vertical (SEV) es averiguar la distribución vertical en profundidad de las resistividades aparentes bajo el punto sondeado a partir de medidas de la diferencia de potencial en la superficie. Se utiliza sobre todo para detectar y establecer los límites de capas horizontales de suelo estratificado.

Aunque los SEV se realizaron como parte de los estudios geotécnicos, el objetivo es obtener una estimación preliminar de la resistividad del terreno del lote de la PTAR, la cual será complementada por otra jornada de mediciones a realizarse previo a la etapa de diseño de detalle.

## 2.4 Alcance

Realizar las mediciones de resistividad del terreno del lote donde estará ubicada la PTAR.

Aunque el alcance del Producto 2 es realizar la medición de resistividad del terreno en las áreas de la subestación principal, subestaciones secundarias, en el perímetro que encierra la planta y por las vías internas y obtener un valor para el diseño del sistema de puesta a tierra de la planta, estas mediciones se llevaron a cabo con un objetivo distinto, el cual era servir como información complementaria a las perforaciones mecánicas de los estudios geotécnicos, al determinar la resistividad de los estratos que conforman el subsuelo en puntos intermedios entre perforaciones. Adicionalmente, estos datos darían una idea del potencial de corrosión en los suelos que serán usados como soporte de las tuberías proyectadas.

En concordancia con el alcance del Producto 2, estas mediciones de resistividad son de carácter preliminar, dado que en el momento del presente Producto no se tiene definida la ubicación de las subestaciones de la planta, situación que será definida en el desarrollo del estudio y análisis de alternativas, alcance que tendrá lugar en los Productos 3, 4, 5 y 6 del contrato. Por esta razón, la separación entre los distintos puntos de medición se extendió más allá de lo requerido en un estudio que tenga ya el alcance para diseño definitivo. En la medida que el proyecto avance y se defina la localización de las subestaciones eléctricas principal y secundarias, se programarán y realizarán las mediciones de resistividad en los sitios previstos para estos elementos, utilizando los métodos convencionales apropiados para este fin y para una fase de diseño detallado. Como se señaló anteriormente, estos trabajos formarán parte del Producto 7 – Informe de trabajos de campo para diseño de detalle.

## 2.5 Metodología

Las mediciones de resistividad del terreno mediante sondeos eléctricos verticales se llevaron a cabo como parte de los estudios de prospección geofísica, los cuales también incluyeron ensayos de velocidad de propagación de ondas sísmicas down-hole en perforaciones efectuadas para sondeos geotécnicos y ensayos de velocidad de propagación de ondas sísmicas down-hole efectuados conjuntamente con los ensayos CPT.

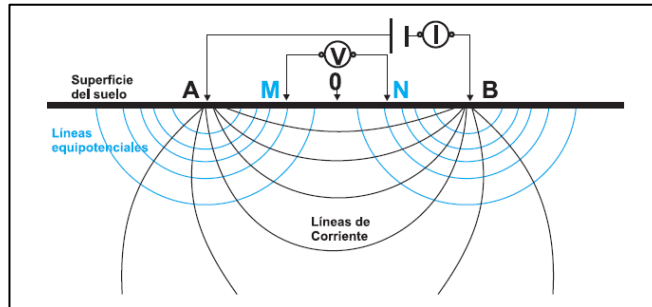
Los sondeos eléctricos verticales consisten en arreglos de cuatro electrodos (A, B, M y N) alineados y dispuestos simétricamente con respecto a un centro. Este método se basa en el estímulo del suelo mediante la inyección de una corriente a través de los electrodos emisores A y B y como respuesta la obtención de un potencial en los electrodos receptores M y N. Ambos grupos de electrodos son hincados en la superficie del suelo.

Los SEV se efectuaron de acuerdo con el estándar ASTM D-6431-99 “*Standard Guide for Using the Direct Current Resistivity Method for Subsurface Investigation*”, utilizando la distribución de electrodos de Wenner, en la cual los cuatro electrodos están alineados sobre una recta y separados una distancia “a”. Como el fin primario con los SEV era el de obtener información con destino a los estudios de prospección geofísica efectuados para el área de geotecnia, no se realizaron mediciones de temperatura y condiciones de humedad en el momento de las mediciones, así como tampoco se determinó la concentración de sales en el suelo. Estas mediciones y ensayos complementarios, serán realizados en desarrollo del Producto 7, una vez que se haya precisado la localización de las subestaciones eléctricas de la PTAR y en general, la infraestructura de la planta de tratamiento.

El ensayo consiste en generar y medir la intensidad de una corriente eléctrica entre los dos electrodos externos, llamados electrodos de corriente o electrodos emisores, y medir la caída de potencial entre los dos electrodos internos, llamados electrodos de potencial o electrodos receptores, como se

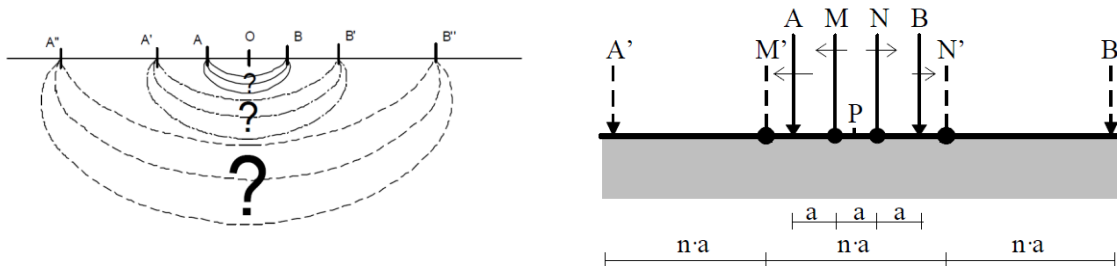
muestra en la **Figura 2-1**. Las líneas concéntricas a los electrodos A y B corresponden a las líneas de potencial, mientras que las líneas que unen los electrodos A y B son líneas de corriente.

**Figura 2-1 Configuración de electrodos para un SEV**



La profundidad de penetración de la corriente eléctrica depende de la separación de los electrodos de corriente "AB". Si la distancia entre los electrodos "AB" aumenta a "A'B'", la corriente circula a mayor profundidad, es decir, aumenta la profundidad de investigación como se muestra en la **Figura 2-2**. Si la distancia "AB" aumenta a "A'B'", la distancia "MN" deberá aumentar a "M'N'" manteniendo siempre una misma separación entre electrodos igual a "n" múltiplos de "a". Cualquiera sea la configuración de electrodos empleada, el centro y el eje de medición se mantienen fijos mientras se aumenta la separación entre electrodos.

**Figura 2-2 SEV por el método de Wenner**



El valor obtenido con la medición es sustituido en la siguiente expresión, obteniéndose un valor promedio de resistividad aparente a una profundidad equivalente a la distancia "a" entre los electrodos:

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{(a^2+4b^2)}} - \frac{a}{\sqrt{(a^2+b^2)}}}} \quad [\text{Ec. 1}]$$

Dónde:

a: Distancia entre electrodos en metros

b: Profundidad del electrodo en metros

R: Valor de resistencia obtenido en la medición con el telurómetro

Si “b” es muy pequeño en comparación con “a” la expresión anterior se puede aproximar a:

$$\rho = 2\pi aR \quad [\text{Ec. 2}]$$

Para la distribución de electrodos utilizada, la profundidad efectiva de investigación corresponde a  $1,50 \cdot a$ , donde “a” es la separación efectiva entre electrodos colocados en el terreno. En otras palabras, la profundidad efectiva de investigación está dada por la distancia media entre los electrodos externos.

Para efectuar el ensayo en cada punto de SEV, se clavaron electrodos con separaciones “a” de 2, 4, 8, 16, 32, 64 y 80 m, con lo cual, en cada punto, se investigó la resistividad aparente de una masa de suelo de 120 m de espesor.

## 2.6 Resultados

Para determinar la resistividad eléctrica del terreno donde se construirá la PTAR Canoas, se realizaron 45 sondeos eléctricos verticales (SEV) con alcance de lectura de 120 m en profundidad. Los SEV fueron ejecutados por EDIFICA Colombia entre el 13 de Agosto y el 06 de Septiembre de 2013.

La identificación de los puntos de medición se presenta en la **Tabla 2-1** y su localización topográfica en el terreno se aprecia en el plano de la **Figura 2-3**.

**Tabla 2-1 Localización de sondeos eléctricos verticales realizados para los trabajos de campo preliminares de la PTAR Canoas**

Ítem	Identificación	Este	Norte	Profundidad (m)
1	L3-SEV1	81.136,9	96.127,6	120
2	L3-SEV2	81.303,0	95.859,2	120
3	L3-SEV3	81.460,9	95.604,1	120
4	L4-SEV1	80.464,8	96.928,1	120
5	L4-SEV2	80.622,8	96.673,0	120
6	L4-SEV3	80.774,0	96.413,8	120
7	L4-SEV4	80.938,6	96.162,9	120
8	L4-SEV5	81.096,5	95.907,8	120
9	L4-SEV6	81.254,4	95.652,7	120
10	L5-SEV1	80.258,3	96.976,7	120
11	L5-SEV2	80.416,3	96.721,6	120
12	L5-SEV3	80.574,2	96.466,5	120
13	L5-SEV4	80.732,1	96.211,4	120
14	L5-SEV5	80.881,8	95.969,7	120
15	L5-SEV6	81.205,9	95.446,2	120
16	L6-SEV1	80.055,8	97.067,3	120
17	L6-SEV2	80.209,8	96.770,2	120
18	L6-SEV3	80.367,7	96.515,1	120
19	L6-SEV4	80.525,6	96.260,0	120
20	L6-SEV5	80.683,5	96.004,9	120
21	L6-SEV6	80.841,4	95.749,9	96

Ítem	Identificación	Este	Norte	Profundidad (m)
22	L6-SEV7	80.999,4	95.494,8	120
23	L7-SEV1	80.150,8	96.897,7	120
24	L7-SEV2	80.161,2	96.563,7	120
25	L7-SEV3	80999,4	96308,6	120
26	L7-SEV4	80.477,0	96.053,5	120
27	L7-SEV5	80.626,7	95811,7	120
28	L8-SEV1	79.954,7	96.612,2	120
29	L8-SEV2	80112,6	96.357,2	120
30	L8-SEV3	80.270,5	96.102,1	120
31	L8-SEV4	80.428,5	95.847,0	120
32	L9-SEV1	79.906,2	96.405,6	120
33	L9-SEV2	80.063,9	96.150,5	120
34	L9-SEV3	80.222,0	95.895,6	120
35	L9-SEV4	80428,5	95653,8	120
36	L10-SEV1	79.965,1	96.278,2	120
37	L10-SEV2	80.015,4	95.9044,1	120
38	L10-SEV3	80.173,4	95.689,1	120
39	L11-SEV1	79.966,9	95.737,7	120
40	L11-SEV2	80.116,6	95.495,9	120
41	L12-SEV1	79.918,3	95.531,2	120
42	L12-SEV2	80.076,2	95.276,1	120
43	L13-SEV1	79.876,6	95.334,7	120
44	L13-SEV2	80.027,7	95.069,6	120
45	L14-SEV1	79.856,9	95.108,6	120

Los registros de los sondeos eléctricos se presentan en tablas, en el Anexo 1 de este Informe. En estas tablas, los valores de la columna “a (m)” representan la separación entre electrodos, en metros; los valores de la columna “z (m)” representan la profundidad de medición en metros. “V (mV)” e “I (mA)” son los datos de tensión y corriente arrojados por el equipo de medición, dados en milivoltios y miliamperios, respectivamente. “R ( $\Omega$ -m)” es el valor de resistividad en Ohmios por metro calculado con la fórmula de la Ecuación 2, mencionada antes en la Metodología. “ $\Sigma$ R ( $\Omega$ -m)” es la resistividad acumulada en Ohmios por metro. Finalmente, las dos últimas columnas determinan el tipo de suelo de acuerdo al valor de resistividad y a lo observado en campo a partir de los otros estudios.

Como se señaló anteriormente, dado que estos trabajos fueron realizados con fines de geotecnia, no incluyeron mediciones de humedad, temperatura y sales. Como se indicó antes, estos análisis se llevarán a cabo en el Producto 7, cuando se realicen las mediciones de resistividad con miras al diseño detallado del sistema de puesta a tierra de la planta.

Para cada punto se construyó una gráfica de resistividad contra profundidad y de resistividad acumulada con la profundidad, a partir de las cuales, utilizando correlaciones ampliamente reconocidas, se infirió el tipo de material que conforma cada uno de los estratos con resistividad homogénea. A partir de estos resultados, se presenta una tabla y una gráfica adicional que caracteriza los estratos del suelo de cada uno de los puntos.

Como se puede observar en la Figura 2-3, los SEV se llevaron a cabo en todo el lote de la PTAR y el espaciamiento entre los puntos de medición es relativamente grande. Esto se realizó así debido a que los objetivos eran complementar los estudios geotécnicos y no con fines de diseño del sistema de puesta a tierra. La dispersión de los puntos de medición hace imposible determinar un valor de resistividad para las áreas de interés de la ingeniería eléctrica del proyecto (áreas de subestaciones, perímetro y vías) y hace complicada la determinación de un valor de resistividad general para todo el lote, dada la no homogeneidad del terreno en un lote de dicha extensión. Esto se puede comprobar mediante un tratamiento estadístico de los datos. Al calcular el promedio de los siete datos de resistividad obtenidos en cada punto de medición y observar su desviación estándar, se obtiene un valor de 880,97 como se muestra en la **Tabla 2-2**. Esto indica diferencias muy altas en los valores de resistividad de cada punto. Si la desviación fuera menor que 30, el terreno de la PTAR podría considerarse un suelo homogéneo y se podría utilizar un modelo de capas.

La interpretación inadecuada de los modelos del subsuelo conllevan a diseños erróneos de puestas a tierra, lo cual puede generar daño de equipo en subestaciones o salidas forzadas por descargas atmosféricas en líneas de transmisión y sobrecostos en la etapa de montaje y en la vida útil de la infraestructura eléctrica. El modelo de capas se puede considerar adecuado en los siguientes casos:

- Cuando la geología corresponde a suelos sedimentarios con capas aproximadamente paralelas a la superficie.
- Cuando se trata de un depósito de gran espesor de arcilla, arenisca etc.
- Cuando al realizar dos SEV con centro en un mismo punto, pero con tendidos ortogonales, los valores de resistividad aparente calculados para cada arreglo no presentan diferencias apreciables. Se aclara que cuando se realiza un SEV, la información obtenida es representativa del centro del arreglo, por consiguiente si el suelo es homogéneo isotrópico, los valores de resistividad aparente para los dos SEV deben ser similares.

Las mediciones de resistividad con fines del diseño del sistema de puesta a tierra se llevarán a cabo en áreas limitadas y en puntos más cercanos unos de otros. Esto implicará desviaciones estándar más bajas, lo cual permitirá obtener un valor más real de la resistividad para el diseño de la malla para el área medida.

**Figura 2-3 Localización de puntos de medición de resistividad eléctrica en el sitio de la PTAR Canoas**





**Tabla 2-2 Desviación estándar de resistividades**

Ítem	Identificación	Resistividad Promedio ( $\Omega$ -m)
1	L3-SEV1	2753.77
2	L3-SEV2	2255.35
3	L3-SEV3	2046.17
4	L4-SEV1	983.73
5	L4-SEV2	958.22
6	L4-SEV3	423.37
7	L4-SEV4	612.42
8	L4-SEV5	686.31
9	L4-SEV6	626.85
10	L5-SEV1	3971.85
11	L5-SEV2	310.11
12	L5-SEV3	178.21
13	L5-SEV4	927.75
14	L5-SEV5	1566.23
15	L5-SEV6	694.22
16	L6-SEV1	2601.50
17	L6-SEV2	466.63
18	L6-SEV3	741.65
19	L6-SEV4	103.37
20	L6-SEV5	463.54
21	L6-SEV6	550.09
22	L6-SEV7	1166.50
23	L7-SEV1	665.87
24	L7-SEV2	225.10
25	L7-SEV3	100.93
26	L7-SEV4	461.43
27	L7-SEV5	219.86
28	L8-SEV1	230.15
29	L8-SEV2	680.51
30	L8-SEV3	169.24
31	L8-SEV4	1705.02
32	L9-SEV1	427.23
33	L9-SEV2	453.88
34	L9-SEV3	299.52
35	L9-SEV4	1464.66
36	L10-SEV1	1319.19
37	L10-SEV2	689.41
38	L10-SEV3	85.40
39	L11-SEV1	2442.99

Ítem	Identificación	Resistividad Promedio ( $\Omega$ -m)
40	L11-SEV2	83.13
41	L12-SEV1	2591.85
42	L12-SEV2	289.72
43	L13-SEV1	1100.67
44	L13-SEV2	417.36
45	L14-SEV1	444.53
Desviación Estándar		880.97

## 2.7 Conclusiones y recomendaciones

Las mediciones de resistividad presentadas en este informe se efectuaron desde un punto de vista geotécnico, con el fin de complementar la información de los otros estudios de dicha área y para dar una idea del potencial de corrosión en los suelos que serán usados como parte de las tuberías proyectadas. Desde el punto de vista eléctrico, se consideran de carácter preliminar. Las mediciones para fines de diseño del sistema de puesta a tierra de la planta se llevarán a cabo en el Producto 7, siguiendo las normas locales e internacionales para este fin. Esto implica que se incluirán las mediciones de humedad, y temperatura del ambiente, y de concentración de sales en el suelo.

Los sistemas de puesta a tierra son de vital importancia en los sistemas eléctricos. Estos deben permitir la conducción hacia el suelo de corrientes originadas por descargas atmosféricas, electricidad estática o fallas del sistema, además deben tener la capacidad de disipación de las fallas sin que se presenten tensiones peligrosas en la superficie. La medición de la resistividad del terreno es un insumo esencial al diseñar sistemas de puesta a tierra. La resistividad es un factor determinante en el valor de resistencia a tierra que pueda tener un electrodo enterrado. Puede determinar la cantidad de electrodos (cobre) y a qué profundidad deben ser enterrados para obtener un valor de resistencia bajo (menor que  $1 \Omega$  para la subestación principal; menor que  $5 \Omega$  para las subestaciones secundarias. La resistividad puede variar ampliamente en terrenos que tengan las mismas características.

Para la medición de la resistividad del terreno con fines de cálculo y diseño de mallas de puesta a tierra se deberá utilizar una combinación de sondeos eléctricos verticales y calicatas eléctricas. Los SEV miden cómo varía la resistividad del terreno sobre la vertical del punto medio, aumentando el espaciamiento entre los electrodos con respecto a ese punto; las calicatas eléctricas miden la variación lateral de la resistividad del terreno, moviendo los 4 electrodos solidariamente. Esto permitirá tener una visión continua en un plano bidimensional.

Dada la gran variación en los valores obtenidos de resistividad del terreno por punto de acuerdo a la profundidad, el número de medidas por área a realizar en la próxima campaña de mediciones deberá ser mucho mayor.



## Sección 3

# Requerimientos de cargas para el proyecto

En el estudio de pre-dimensionamiento de la PTAR Canoas realizado entre los años 2007 y 2008, la Firma HMV Ingenieros realizó un estimativo de las cargas (potencia de energía activa) requeridas por la PTAR en sus tres fases de tratamiento, considerando autogeneración parcial dentro de la planta, por medio de la reutilización del gas metano obtenido como sub-producto del tratamiento del agua residual, específicamente en la digestión anaeróbica de los lodos. Puesto que en el estado actual del proyecto de diseño conceptual de las Fases I, II y III y diseño detallado de la Fase I, aún no se dispone de la información sobre procesos y tecnologías de tratamiento que permita realizar un estimativo real de las cargas requeridas en cada fase, se utilizará de manera preliminar los estimativos de potencias usadas e instaladas, realizados por HMV Ingenieros en 2008. La **Tabla 3-1** y la **Tabla 3-2** presentan los estimativos de potencia eléctrica usada e instalada, por fases, realizados por HMV.

**Tabla 3-1 Potencia eléctrica estimada usada por fases. HMV, 2008**

Fase	Potencia eléctrica usada promedio (MW)	Potencia eléctrica generada promedio (MW)	Energía autogenerada (%)
I	16,0	6,5	41
II	26,7	11,1	42
III	36,2	10,0	28

**Fuente:** HMV Ingenieros. Contrato 1-02-26100-806-2006. Predimensionamiento de la PTAR Canoas. Producto 7. 2214-00-CV-RP-007-01. Informe de Avance Predimensionamiento PTAR Canoas. Cuadro 6-37. Noviembre de 2008.

**Tabla 3-2 Potencia eléctrica estimada instalada por fases. HMV, 2008**

Fase	Potencia eléctrica instalada estimada (MW)	Potencia eléctrica instalada propia (MW)	Potencia propia (%)
I	22,6	6,5	28
II	37,6	11,1	29
III	52,2	10,0	19

**Fuente:** HMV Ingenieros. Contrato 1-02-26100-806-2006. Predimensionamiento de la PTAR Canoas. Producto 7. 2214-00-CV-RP-007-01. Informe de Avance Predimensionamiento PTAR Canoas. Cuadro 6-38. Noviembre de 2008.

Aunque en principio, las cargas estimadas por HMV parecen sensiblemente altas, solamente hasta que se definan los procesos y tecnologías de tratamiento tanto para la línea líquida como para la línea sólida y además se realice una revisión con base en datos de placa de equipos disponibles en el mercado, se podrán establecer los factores de utilización y así obtener las cargas reales demandadas por la planta. Por lo pronto, se ha propuesto para el análisis mantener las cargas de la Fase I estimadas por HMV como básicas para solicitar el servicio a CODENSA, poniendo en su conocimiento las posibles cargas de las Fases II y III, que corresponden a las estimadas por HMV como potencia eléctrica instalada. Se nota que para la Fase I la capacidad instalada es de 22,6 MW, pero la potencia eléctrica usada promedio es de 16 MW solamente. Además, la Fase I más la Fase II solamente suman 26,7 MW utilizados, y las tres fases suman 36,2 MW utilizados parcialmente de la red, debido a que se dispondrá de una autogeneración de 6 MW en la Fase I hasta 10 MW en la Fase III.

Para el diseño general del proyecto, y con el fin de evitar sobrecostos en equipos instalados con capacidad ociosa, será necesario diseñar con la capacidad utilizada promedio y no con la suma de las capacidades instaladas, que sería las sumas de los datos de placa de todos los equipos instalados sin tener en cuenta los factores de utilización y de diversidad. Así, las capacidades de los transformadores principales a instalar serían más bajas que las propuestas por HMV.

Por otra parte, HMV conceptuó en el estudio de predimensionamiento que debido a los altos requerimientos de potencia de la planta, debería realizarse la conexión a una red de 115 kV, a través de transformadores de potencia 115 kV/MT, con los siguientes valores nominales:

- Para la Fase I, la capacidad instalada es de 22.573 kW y se recomienda un transformador de 25 / 30 MVA - ONAN / ONAF
- Para la Fase II, la capacidad instalada es de 15.002 kW adicional a la Fase I y se recomienda un transformador de 15 / 20 MVA - ONAN / ONAF
- Para la Fase III, la capacidad instalada es de 14,657 kW adicional a la Fase II y se recomienda un transformador de 15 / 20 MVA - ONAN / ONAF

Una revisión preliminar de las recomendaciones de HMV sobre los transformadores de potencia, conduce a mencionar que la carga de la Fase I se puede considerar de 20/25 MVA ONAN/ONAF y que las de la Fases II y III van a disponer de tiempo para reforzar el sistema, puesto que solamente se necesitarán después de unos cinco años, según la planeación de entrada de las diversas fases del proyecto. Por esta razón, se pueden dejar en 15 a 20 MVA ONAN/ONAF, cada una.

Otro aspecto a revisar es la propuesta de HMV de instalar tres subestaciones principales a 115 kV, puesto que esto podría llevar al proyecto a unos costos muy altos, sin obtener mayores beneficios. En este punto, se considera indispensable que la EAAB decida sobre la localización definitiva de la Estación Elevadora de Aguas Residuales Canoas (EEARC), ya que por la carga de potencia requerida por esta infraestructura podría ser incluso mayor que la requerida por la propia planta, lo que llevaría a considerar la opción de una sub-estación principal con la carga de la EEARC y la PTAR Canoas.

Por otra parte y para mejorar la regulación de tensión en 13,2 kV, los transformadores de potencia serán con sistema de regulación bajo carga.

## Sección 4

### Normatividad aplicable

En esta Sección se presenta una recopilación de la normatividad técnica, de uso general en la ingeniería eléctrica colombiana, en proyectos de este tipo o similares. Todas las evaluaciones y recomendaciones efectuadas dentro de este reporte, han sido realizadas con base en las normas que a continuación se relacionan:

- IEC 60038 (2002) IEC STANDARD VOLTAGES. Define las tensiones asignadas y máximas de los equipos de sub-estación.
- IEC 60044 (2003) INSTRUMENT TRANSFORMERS, PART 1. Define los transformadores de instrumentación, tensiones máximas y precisión.
- IEC 60071 (1993) INSULATION COORDINATION PART 2 APPLICATION GUIDE. Regula la metodología para realizar la coordinación de aislamiento de la sub-estación.
- IEC 60076-1 (1993) POWER TRANSFORMERS PART 1 -DEFINITIONS, PRINCIPLES AND RULES. Define el desempeño de los transformadores de potencia.
- IEC 60694 (2002) COMMON SPECIFICATIONS FOR HIGH VOLTAGE SWITCHGEAR. Define el desempeño de los equipos de alta tensión.
- IEC 60685-1-2 (1994) SHORT-CIRCUIT CURRENTS CALCULATION OF EFFECTS. Cálculo de corrientes de cortocircuito de sub-estación.
- IEC 60721-3 (2002) CLASSIFICATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS. PARAMETERS AND THEIR SEVERITIES. Factor de corrección de aislamiento por altura y por nivel de polución, debido a que el equipo normalizado es para uso hasta 1000 msnm.
- IEEE Std 80 (2000) GUIDE FOR SAFETY IN AC SUBSTATION GROUNDING. Diseño de malla a tierra, reducción de tensión de contacto y de paso.
- IEEE Std 979 (1994) GUIDE FOR SUBSTATION FIRE PROTECTION. Sistemas de protección contra incendio de sub-estaciones.
- IEEE Std 998 (2006) GUIDE FOR DIRECT LIGHTNING STROKE SHIELDING OF SUBSTATIONS. Apantallamiento de instalaciones e instalación de pararrayos.
- Código Eléctrico Colombiano. Norma NTC 2050. Debe considerarse para la proyección y diseño de las instalaciones eléctricas interiores de la PTAR.
- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).
- Normas CODENSA o EPM. Una vez se determine el nivel de tensión de alimentación de la PTAR, se revisarán las normas del operador que corresponda para solicitar la conexión a su sistema.
- UPME y CREG. Según la exigencia que al operador (CODENSA o EPM) se le solicite, de parte de la entidad que corresponda. Incluyen la resolución CREG 025 de 1995 (Código de Redes), la

Resolución CREG 097 de 2008, la Resolución CREG 102 de 2009 y todas aquellas normas aplicables a permisos de conexión al SIN.

- Ley 142 de 1994. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios.
- Ley 143 de 1994. Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética.
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS – 2000.

En el marco de la Ley 143 o ley de regulación eléctrica, el operador de la red es quien se encarga de gestionar los permisos necesarios o de sub-contratar su consecución. En este caso específico de la PTAR Canoas, dado que las líneas que alimentan el proyecto son de propiedad del operador de la red, éste debe buscar los permisos ante la UPME para conectar la carga del proyecto.

En cuanto a la conexión al SIN, ésta puede hacerse teóricamente en 115 kV o en 230 kV, pero por razones de costos es más económico conectar a 115 kV. Técnicamente, la conexión a 115 kV es la mejor alternativa por confiabilidad del servicio y ello favorecerá de manera muy contundente las futuras ampliaciones; por otro lado, la conexión a menores voltajes no permite expansión del sistema a las Fases II y III de la implementación de la infraestructura de tratamiento proyectada.

Igualmente, el operador de red debe gestionar los permisos y licencias ambientales ante la CAR y la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) para la construcción y operación de las líneas y la subestación principal, siguiendo lo dispuesto en la Ley 142, Capítulo X “De la conservación del medio Ambiente”, tal como se expone a continuación: “ARTÍCULO 51. *“Las empresas públicas, privadas o mixtas, que emprendan proyectos susceptibles de producir deterioro ambiental tendrán la obligación de evitar, mitigar, reparar y compensar los efectos negativos sobre el ambiente natural y social generados en el desarrollo de sus funciones, de conformidad con las normas vigentes y las especiales que señalen las autoridades competentes”.* ARTÍCULO 52. *Las empresas públicas, privadas o mixtas que proyecten realizar o realicen obras de generación, interconexión, transmisión y distribución de electricidad, susceptibles de producir deterioro ambiental, están obligadas a obtener previamente la licencia ambiental de acuerdo con las normas que regulen la materia”.* PARÁGRAFO. *Para obtener la licencia ambiental para ejecutar proyectos de generación e interconexión de electricidad se deben realizar los correspondientes estudios, de conformidad con lo dispuesto por la autoridad competente e incluir en el presupuesto de la respectiva empresa las partidas correspondientes para ejecutar las medidas remediales previstas”.* En este orden de ideas, el trámite de las licencias y permisos ambientales para la construcción y operación de la PTAR le corresponde a la EAAB.

## Sección 5

# Identificación de infraestructura eléctrica en los alrededores del sitio de la PTAR Canoas

Con el fin de identificar los sistemas de transmisión cercanos al sitio de la PTAR Canoas, para establecer posibles conexiones, se adelantó una visita de reconocimiento de campo en la cual se realizaron las siguientes actividades:

- Ubicación mediante GPS portátil del sitio de la PTAR Canoas.
- Localización de las torres de transmisión y postes de redes de distribución más cercanas a la obra, también mediante GPS portatil.
- Toma de fotografías de los sitios identificados.

Se ubicaron de manera satelital con GPS, 13 puntos, así:

- 11 del eje de estructuras, sea en celosía o en poste para redes de 11,4 kV, 57,5 kV y 115 kV.
- Uno en el sitio de la PTAR Canoas (identificado como punto 13), y
- Uno en un cruce vial de la línea de transmisión Muña - Muña 3.

La información obtenida en los puntos anteriores, incluyendo coordenadas, altitud sobre el nivel del mar e identificación del elemento (poste o torre) donde se tomó la lectura, se muestra en la **Tabla 5-1**.

**Tabla 5-1 Información de la infraestructura de transmisión y distribución eléctrica en la zona del proyecto**

ID	Norte (m)	Este (m)	Altura (msnm)	Tipo	Identificación	Observaciones
1	94311,527	79866,839	2564	Poste metálico	3528	Margen izquierda río Bogotá - cruce vía a Mondoñedo
2	94330,557	80005,612	2544	Poste metálico	Sin	Margen izquierda río Bogotá - cruce vía a Mondoñedo
3	96088,311	79837,511	2580	Poste concreto	Sin	Occidente, vía a Mondoñedo, cerca al sitio de la PTAR Canoas
4	96085,232	79871,432	2578	Poste concreto	Sin	Oriente, vía a Mondoñedo, cerca al sitio de la PTAR Canoas
5	95274,28	78082,733	2614	Torre celosía	455	También llamada Torre 8
6	95732,235	77623,339	2653	Torre celosía	Sin	También llamada Torre 10
7	94453,661	78881,285	2635	Cruce vía y línea de transmisión	No aplica	Junto a la Torre 3
8	974318,381	79294,49	2580	Poste metálico	No aplica	Dentro del sitio de la PTAR Canoas
9	93918,858	79534,961	2594	Torre celosía	451	Torre 2, cruce vía Mesitas a Girardot



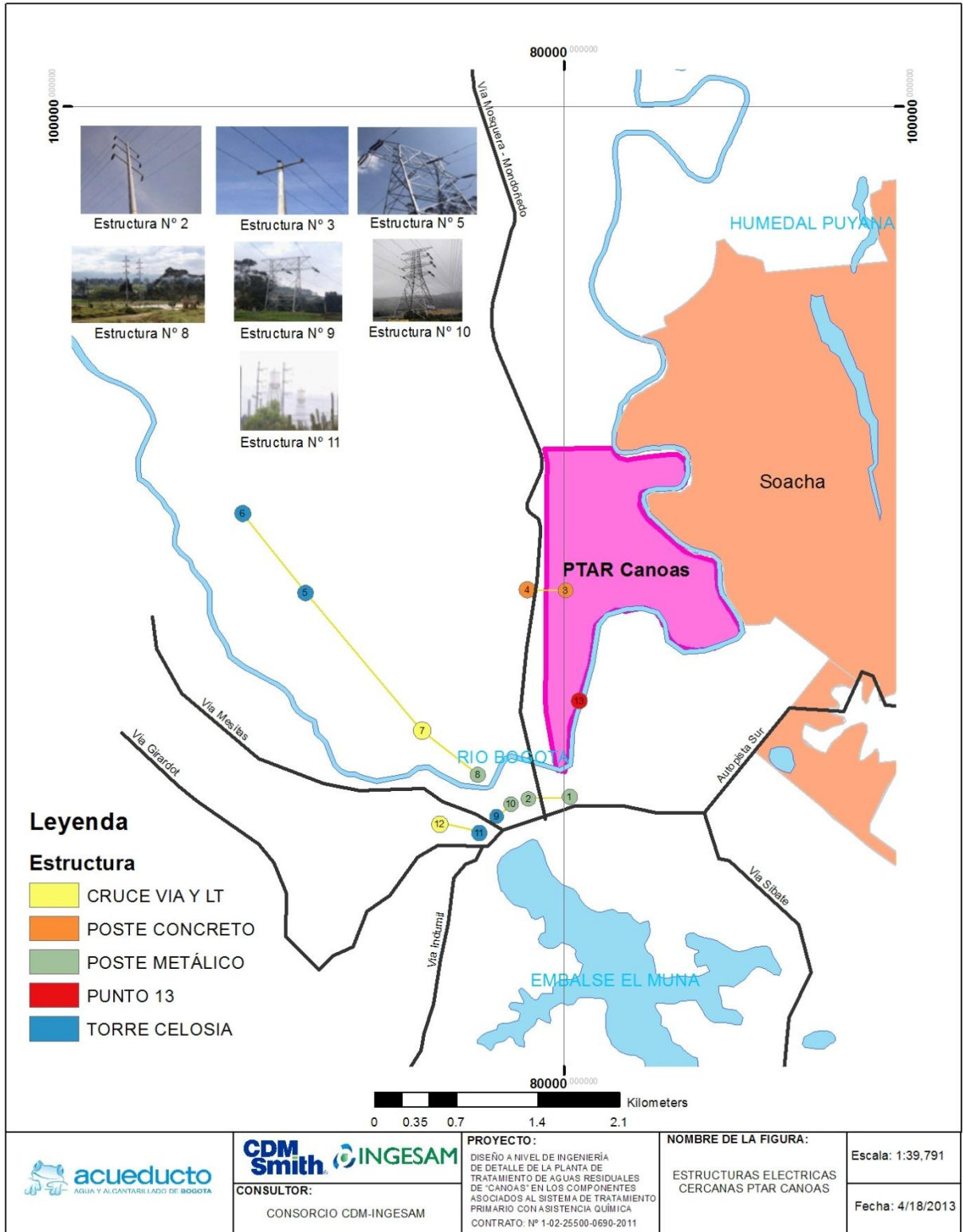
ID	Norte (m)	Este (m)	Altura (msnm)	Tipo	Identificación	Observaciones
10	93906,548	70642,892	2596	Poste metálico	Sin	Cerca de Torre 2, cruce vía Mesitas a Girardot
11	93814,378	79528,777	2588	Torre celosía	Sin	Cruce vía Mesitas a Girardot
12	93771,536	78480,277	2608	Cruce vía y línea de transmisión	Sin	Peaje de Chusacá, línea 230 KV Mesitas
13	95147,939	80151,907	2561	Punto 13	No	Punto de referencia dentro de la PTAR canoas

Los puntos referenciados en la tabla anterior se localizaron sobre un plano de la zona del proyecto, tal como se muestra en la **Figura 5-1**. Se concluye de manera anticipada que hay redes que servirán de alimentadoras para la etapa de construcción, en 11,4 kV y redes de 57,5 y 115 kV para la etapa de operación, siempre y cuando se determine que existe la capacidad libre de los circuitos para la carga requerida, en cada fase del proyecto.

No obstante lo anterior, se señala que las redes de distribución de 11,4 kV (puntos 3 y 4 del plano de la Figura 5-1) colindan con el predio de la PTAR Canoas en su parte occidental, mientras las redes de 57,5 kV y de 115 kV se localizan en la margen izquierda del río Bogotá (puntos 1 y 2), en el cruce de la carretera que conduce a Mondoñedo. Hay otros puntos de posible conexión a 115 kV (identificados como puntos 8, 9, 10 y 11 en el plano de la Figura 5-1), que están muy cerca al cruce de la derivación vial Mesitas del Colegio y la vía a Girardot.

La distancia media de conexión a 11,4 kV está a menos de 300 m y la distancia media de posible conexión a 115 kv, varía de 0,75 km a 1,5 km, recalando que ésta es una información previa, sujeta a estudios topográficos, a disponibilidad de servicio y a la capacidad de transporte disponible en los circuitos, según lo señale el operador.

Figura 5-1 Localización de infraestructura eléctrica en los alrededores del sitio de la PTAR Canoas





## Sección 6

# Alternativas de conexión

Según el inventario general de la infraestructura existente en la zona del proyecto y las necesidades de carga estimadas por HMV y consignadas en la Sección 2 del presente Informe, se plantean seis posibles alternativas de conexión eléctrica a la PTAR Canoas. En esta Sección se presenta la descripción de cada una de ellas, con los respectivos diagramas unifilares propuestos para la subestación principal.

### 6.1 Alternativa 1. Conexión a 230 kV con S/E de EPM

Esta alternativa consiste de dos líneas de 230 kV abriendo la línea en operación Paraíso - San Mateo y llevando estas líneas hasta el centro de carga del proyecto PTAR Canoas, o incluso conectándose a la nueva sub-estación eléctrica Nueva Esperanza de EPM, que estará ubicada en las cercanías de la PTAR Canoas. En la **Figura 6-1** se presenta el diagrama unifilar propuesto para esta alternativa. En el mapa de la **Figura 6-2** se aprecia la localización de la futura sub-estación eléctrica Nueva Esperanza, en la vereda Canoas, municipio de Soacha (coordenadas 4°34'20"N, 74°17'1"O). En esta alternativa, se instalaría en la subestación de la PTAR Canoas, en la Fase I, un transformador de 15 a 20 MVA con regulación bajo carga y con voltajes de 230 kV / 13,8 kV, y un terciario a 11,4 kV.

En un principio, se considera que esta alternativa podría resultar costosa y además tiene el riesgo de ser descartada por EEB/EPM por representar una carga pequeña y no planificada para el sistema. De otra parte, también podría servirle a EEB/EPM como subestación de "switchero" y para dar futuros servicios a las zonas industriales que se puedan desarrollar alrededor de la PTAR Canoas, o incluso al casco urbano del municipio de Soacha. La subestación de barraje sencillo sería operada por EEB/EPM en cuanto a líneas de 230 kV y barraje se refiere.

**Figura 6-1 Diagrama unifilar de la Alternativa 1. Conexión a 230 kV con S/E de EEB o EPM**

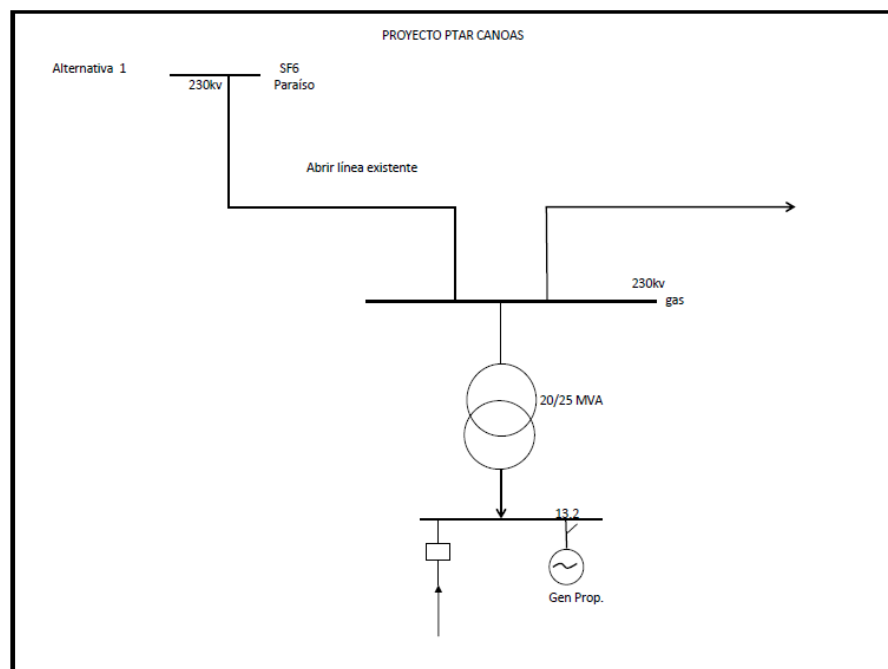
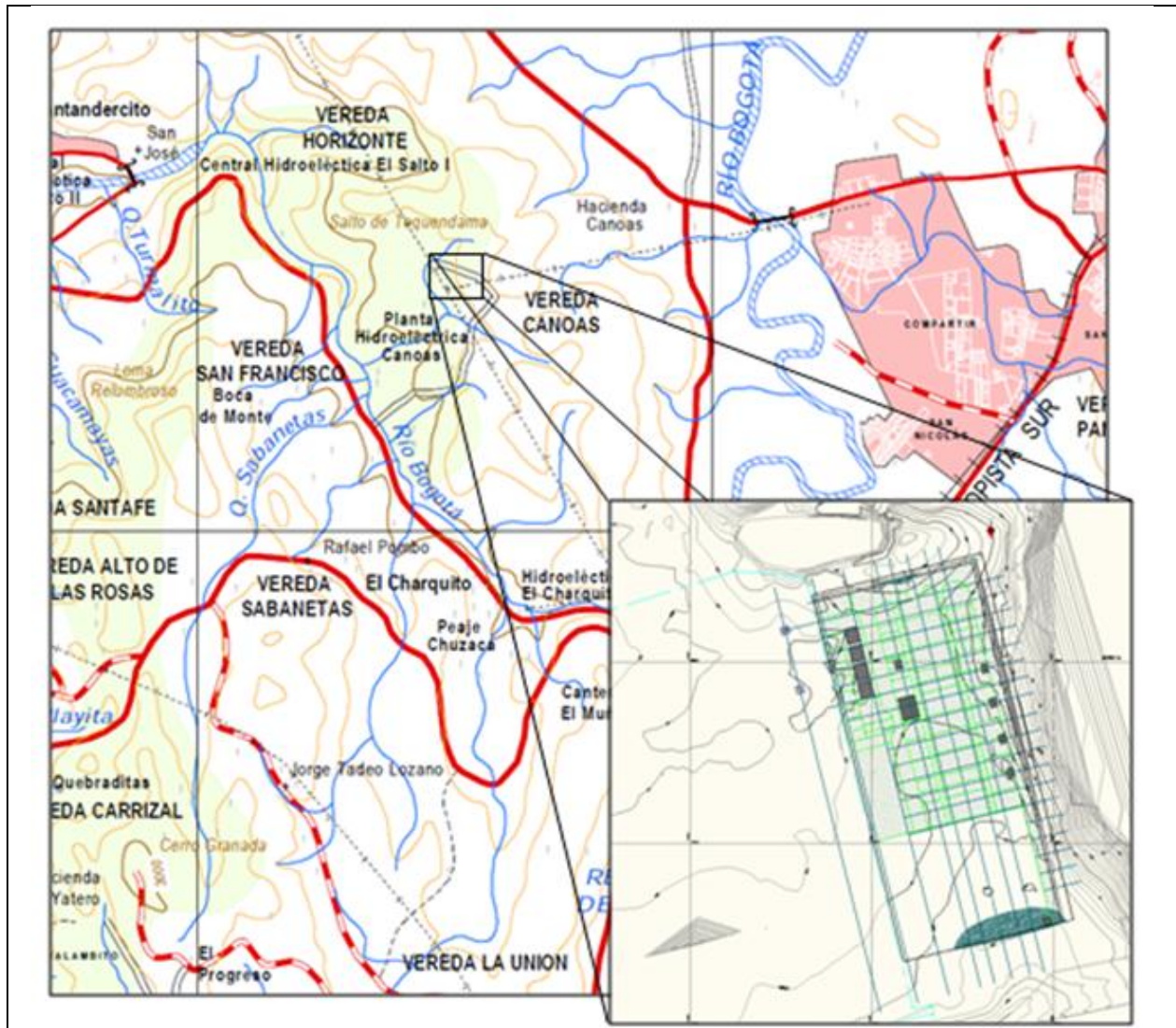


Figura 6-2 Localización de la futura sub-estación eléctrica Nueva Esperanza



Fuente: HMV Ingenieros. Estudio geotécnico de la sub-estación eléctrica Nueva Esperanza, municipio de Soacha. 2011.

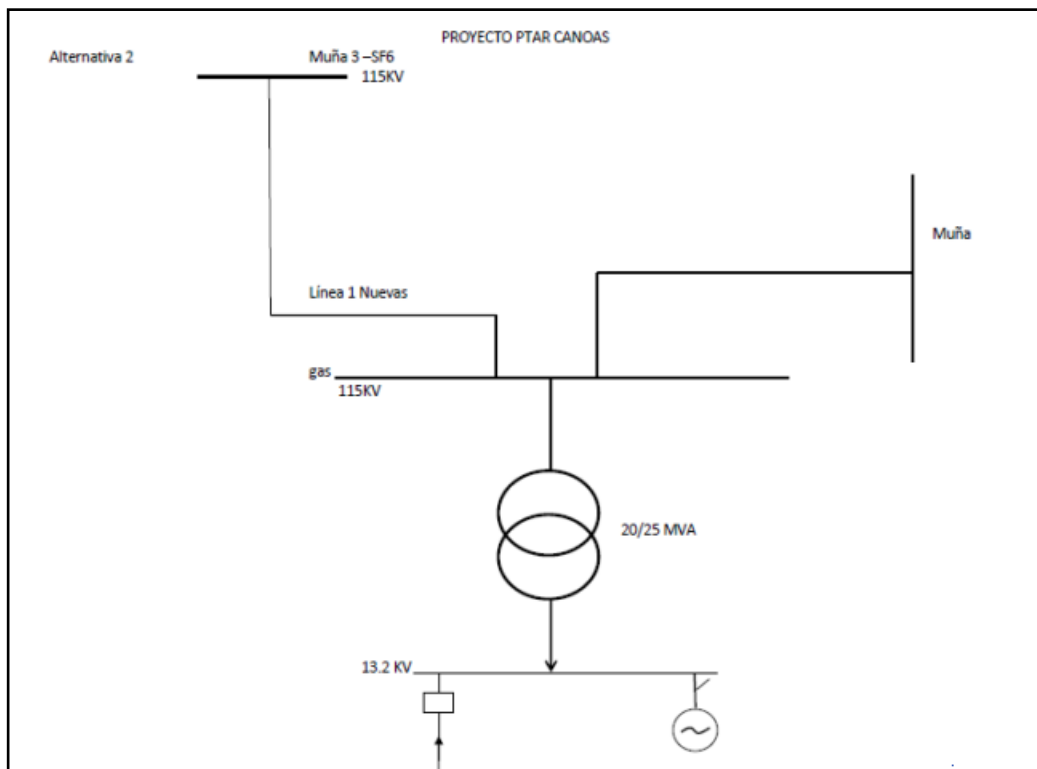
## 6.2 Alternativa 2. Conexión nueva a 115 kV con S/E Muña 3 (GIS) (o Nueva Esperanza) y Muña - CODENSA

Esta alternativa considera dos líneas nuevas a 115 kV construidas desde las sub-estaciones eléctricas Muña (4°32'0"N, 74°14'49"O) y Muña 3 (4°32'31"N, 74°12'50"O) respectivamente, o alternativamente desde la futura sub-estación Nueva Esperanza de EPM. En la **Figura 6-3** se presenta el diagrama unifilar propuesto para esta alternativa.

Esta alternativa presenta la dificultad para el proyecto PTAR Canoas, debido a los costos de las líneas y las servidumbres por zonas que ya están saturadas de redes y líneas de diversos voltajes, que implicarían nuevos permisos ambientales y servidumbres. Por esta razón, se considera una alternativa costosa y de difícil ejecución.

En la Fase I se instalaría un transformador de 20 a 25 MVA con regulación bajo carga y voltajes de 13,2 kV y 11,4 kV en el terciario. La subestación de barraje sencillo sería operada por CODENSA o EPM, en cuanto a las líneas se refiere.

**Figura 6-3 Diagrama unifilar de la Alternativa 2. Conexión nueva a 115 kv con S/E Muña 3 (GIS) (o Nueva Esperanza) y Muña - CODENSA**

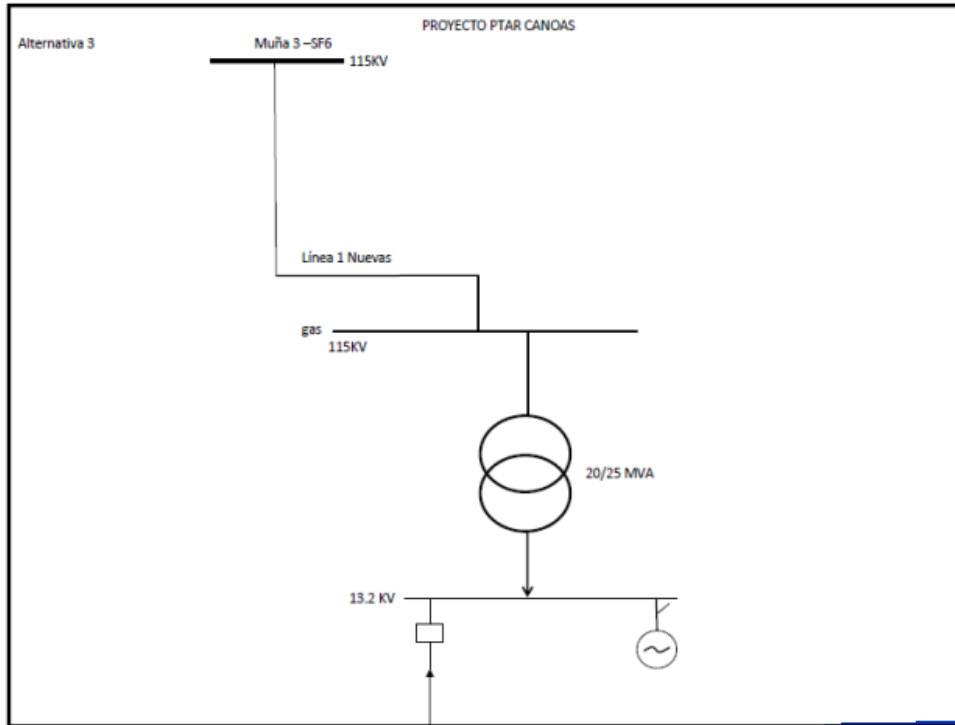


### 6.3 Alternativa 3. Línea radial nueva desde Muña 3 o Nueva Esperanza

Es la misma configuración de la alternativa anterior pero con una sola línea radial a 115 kV desde la sub-estación Muña 3 o desde la futura sub-estación Nueva Esperanza de EPM. Se reforzará con una suplencia a 11,4 kV o 13,2 kV desde Muña 3 o Nueva Esperanza para cargas prioritarias en caso de falla en 115 kV. Esta línea es la misma que se utilizaría para la construcción del proyecto de la PTAR Canoas. No se identificaron líneas existentes a 34,5 kV para la suplencia cerca.

El diagrama unifilar para esta alternativa se muestra en la **Figura 6-4**. Se considera que ésta es la alternativa con mayores ventajas, pues permite al usuario (EAAB) ser el propietario de la línea y también de la subestación.

**Figura 6-4. Diagrama unifilar de la Alternativa 3. Línea radial nueva desde Muña 3 o desde Nueva Esperanza**

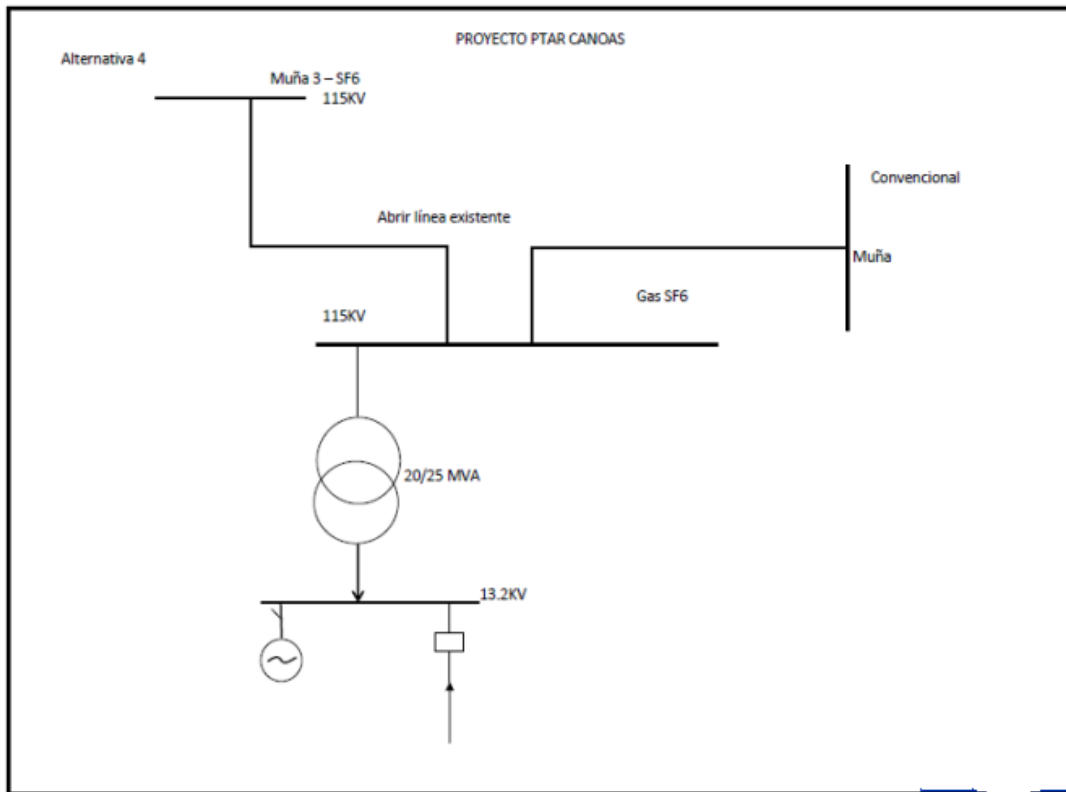


## 6.4 Alternativa 4. Abrir líneas existentes de 115 kV de CODENSA

Esta alternativa consiste en abrir la línea de transmisión Muña 3 (o también la línea de la futura subestación Nueva Esperanza) - Muña a 115 kV, construir el tramo de línea en doble circuito e instalar una subestación de barraje sencillo. En la **Figura 6-5** se presenta el diagrama unifilar propuesto para esta alternativa.

En la Fase I se instalaría un transformador de 20/25 MVA, con regulación bajo carga y voltajes de 13,2 kV y 11,4 kV en el terciario. Se considera que es una buena alternativa, no obstante que la nueva subestación hasta el barraje sencillo sería operada por CODENSA, ya que pasaría a ser parte del sistema interconectado nacional (SIN).

**Figura 6-5 Diagrama unifilar de la Alternativa 4. Abrir líneas existentes de 115 kV de CODENSA**

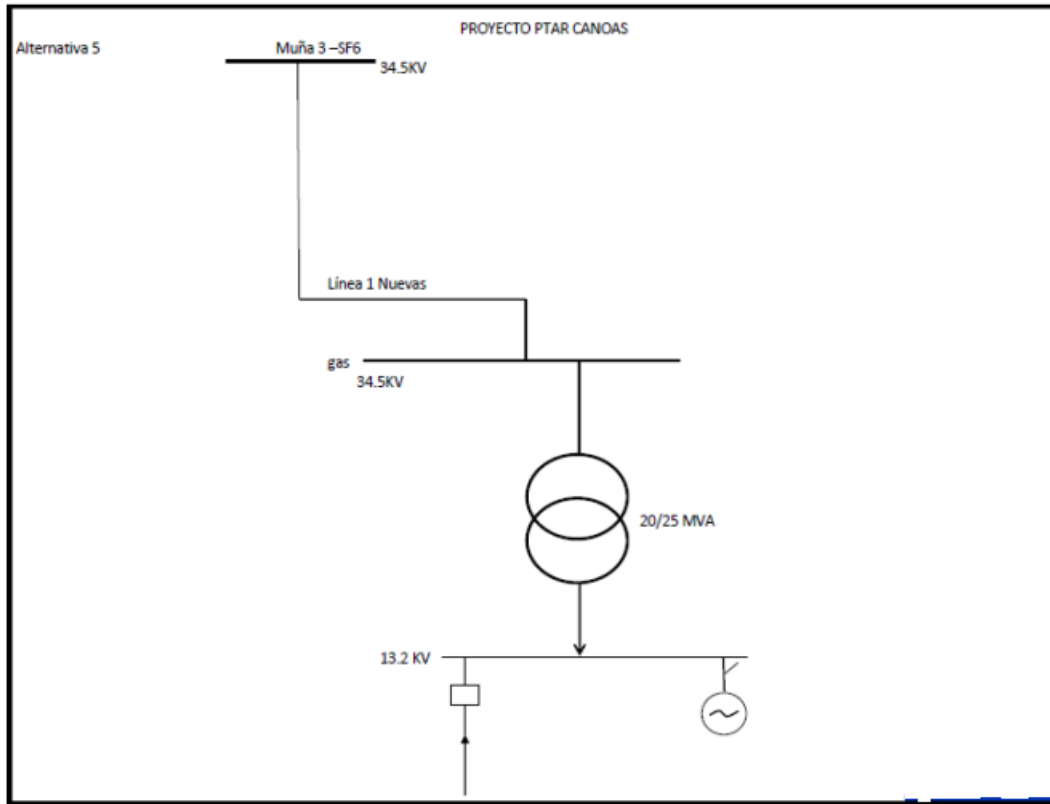


## 6.5 Alternativa 5. Línea nueva de 115 kV desde Muña 3 (o Nueva Esperanza), energizada a 34,5 kV

Esta alternativa consiste en montar un transformador de 20/25 MVA, 115 kV/34,5 kV en la sub-estación Muña 3 o en un sitio donde CODENSA o EPM lo definan; adicionalmente, construir una línea aislada a 115 kV y energizada para la Fase I a 34,5 kV desde la sub-estación Muña 3 y montar una subestación de 20 a 25 MVA, 34,5 kV, con regulación bajo carga y con una suplencia a 11,4 kV para las cargas prioritarias. Esta alternativa solo cubriría la carga durante la fase de construcción de la PTAR Canoas y durante la Fase 1 de operación de la planta. Para las Fases II y III se energizaría a 115 kV y se montaría un transformador nuevo para cada fase. En la **Figura 6-6** se presenta el diagrama unifilar propuesto para esta alternativa.



**Figura 6-6 Diagrama unifilar de la Alternativa 4. Línea nueva de 115 kV desde Muña 3 (o Nueva Esperanza), energizada a 34,5 kV**



## 6.6 Alternativa 6. Conexión a media tensión 57,5 o 34,5 kV – CODENSA

En los estudios de HMV de 2009 se menciona una posible alternativa mediante las líneas existentes a 57,5 kV, las cuales según la planeación de CODENSA, ya deberían estar libres para esta época por la paulatina desaparición de este sistema de voltaje. Se menciona como equivalente a la alternativa de 34,5 kV ya expuesta y por lo tanto, aplica el mismo diagrama unifilar de la Alternativa 5.

## 6.7 Alternativa recomendada (sistema de 115 kV)

Para bien del proyecto y no afectar el sistema nacional, se considera que la mejor alternativa es la 3, en la que el servicio de la subestación PTAR CANOAS se daría a 115 kV radial con suplencia de CODENSA a 11,4 kV para las cargas prioritarias, además de la generación propia.

En todas las alternativas se ha descartado la subestación principal como de intemperie, dado el carácter agresivo del sitio en cuanto a gases y contaminación con polvo se refiere. En este sentido, se recomienda instalar una subestación encapsulada tipo GIS (Gas Insulated Switchgear o subestación aislada con gas), con caseta, tal como se hizo en las sub-estaciones Muña 3 y La Guaca. Las imágenes de la **Figura 6-7** muestran dos ejemplos de este tipo de sub-estaciones.

**Figura 6-7 Subestación encapsulada tipo GIS**

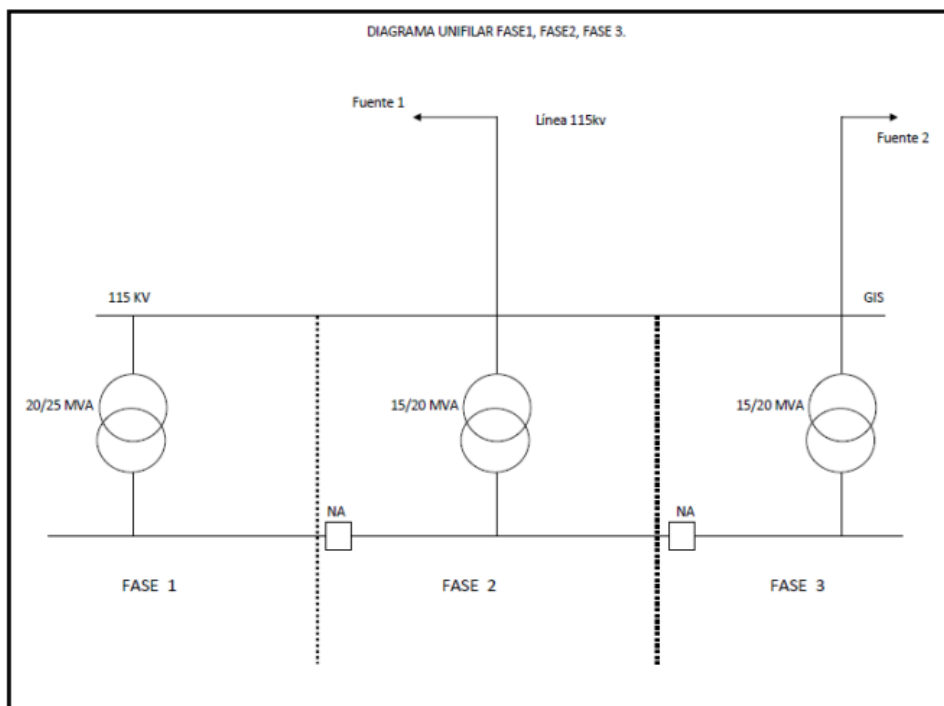


Fuente: Imágenes tomadas de Internet.

Las líneas de 115 kV de propiedad de CODENSA podrían estar construidas con conductores ACSR 336.4 MCM ORIOL, las antiguas, o 605 MCM las nuevas y las repotenciadas.

En cualquiera de las alternativas propuestas, seguramente CODENSA exigirá la construcción en conductor 605 mcm Peacock. Todas las anteriores alternativas deberán ser propuestas a CODENSA para que sea esta entidad quien defina la que más convenga desde el punto de vista operativo. En la **Figura 6-8** se presenta la propuesta con los diagramas unifilares a 115 kV para las diferentes fases del proyecto PTAR Canoas, con subestaciones tipo GIS.

**Figura 6-8. Propuesta de diagramas unifilares a 115 kV para las diferentes fases del proyecto**



## 6.8 Resultados de reunión preliminar con CODENSA

A solicitud del Consorcio CDM Smith – INGESAM y mediante gestión de la Firma sub-contratista a cargo del estudio de identificación de alternativas para suministro de energía eléctrica a la PTAR Canoas, se llevó a cabo el 17 de abril de 2013 una reunión técnica con CODENSA, para dar a conocer aspectos generales del proyecto e iniciar un acercamiento con la entidad, la cual tiene a su cargo la distribución y comercialización de energía eléctrica en el área del proyecto de la futura PTAR.

### **Asistentes:**

- Dra. Olga Lucía Ahumada Cárdenas: Gestor de Negocios. Departamento de Atención Clientes Empresariales. CODENSA
- Ing. José Hernando Gómez. Profesional Experto Área Técnica. CODENSA
- Ing. Agapito Sierra Carrasquilla. Director de la Consultoría sub-contratista ALIANZA Suministros Integrales.
- Ing. Jorge Vásquez Franco. Área Técnica Especializada sub-contratista ALIANZA Suministros Integrales.
- Ing. Leonardo Vásquez Contreras. Área Técnica Especializada sub-contratista ALIANZA Suministros Integrales.

Una vez realizada la presentación del proyecto y las alternativas identificadas para la posible conexión y suministro de energía a la futura PTAR, por parte de los Especialistas del sub-contratista, se presentan a continuación los principales resultados de la reunión, particularmente en cuanto a los procesos a seguir y las exigencias de CODENSA, como operador del sistema en el área del proyecto:

- CODENSA suministrará vía correo electrónico, los documentos relacionados con las Condiciones de Servicio y los formatos para solicitar la factibilidad de proyectos.
- En desarrollo de la reunión, CODENSA hizo entrega de la “Guía de Servicios para Constructores” documento que contiene los capítulos correspondientes a las diversas etapas a seguir, entre ellas:
  - Conexión del servicio eléctrico
  - Convenios y acuerdos de obra
  - Presentación y elaboración de diseños eléctricos
  - Provisionales de obra
  - Factibilidad del servicio y solicitud del mismo
  - Disponibilidad del servicio
  - Canales de contacto y otros aspectos de interés.

Como resultado del cumplimiento de los pasos anteriores y surtido el proceso de aprobación de factibilidad, se hará el contrato de conexión.

- El grupo técnico de CODENSA analizará la demanda de energía requerida y los datos técnicos de la factibilidad, como paso previo a la firma del contrato de conexión.
- Hay, por experiencia de CODENSA, casos de proyectos con grandes cargas, que requieren un proceso de aprobación cercano a 12 meses. Ejemplos de esto son los proyectos de Bavaria en Tocancipá y Cerámica San Lorenzo.
- Para el análisis de factibilidad debe separarse lo que es provisional para la obra, y lo que es en operación. En el caso de la PTAR, es posible que se pida que la carga provisional de obra haga parte de la carga definitiva para la operación de la planta.
- La vigencia de una aprobación de factibilidad, en todos los casos, es de un año. Por tal razón, CODENSA solicita que se entregue un programa general del proyecto, desde diseño hasta operación de las tres fases del proyecto, así sea de manera preliminar, cubriendo lo mejor posible todos los aspectos del proceso, a fin de planear de manera detallada sus procesos internos y la necesidad del cliente.
- Se explica que la mejor alternativa de conexión es con líneas de transmisión nuevas, con módulos de línea exclusivos para la PTAR, lo cual impediría abrir circuitos en líneas existentes.
- Debido a lo anterior, se considera que una de las mejores alternativas es conectarse con una línea exclusiva de 115 kV, probablemente desde la sub-estación Nueva Esperanza, hasta la PTAR Canoas.
- Socialización del Proyecto: CODENSA recomienda socializar el proyecto, significando esto que se envíe una comunicación oficial por parte de la EAAB a CODENSA, informando del proyecto, sus necesidades y su programación, así sea con información preliminar, advirtiendo que ella puede variar, según los diseños de detalle que se elaboren en su momento. Esa comunicación servirá para integrar un grupo de trabajo interno, de CODENSA, que debe de ser informado a tiempo del proyecto y para poder programar las acciones institucionales acordes a la importancia del proyecto.
- Las comunicaciones a CODENSA deben dirigirse a la Dra. Olga Lucía Ahumada Cárdenas, al correo electrónico [oahumada@endesacolombia.com.co](mailto:oahumada@endesacolombia.com.co), celular 315 3915795. En principio, se acuerda que no es necesario remitir el comunicado en medio físico, y que basta por hacerlo a través del correo electrónico y ella devuelve con radicado la nota y se encarga de dirigir cada una de las notas, a la persona precisa e indicada para el proceso solicitado.
- CODENSA indica que a pesar del levantamiento con GPS portátil presentado en este Informe, los puntos de conexión podrán ser otros y ello sólo depende del análisis de la factibilidad del proyecto y de la opción que finalmente decida CODENSA. Inclusive, se señala que podría ser restrictiva la solicitud de datos precisos de ubicación de las torres y estructuras de alta tensión (AT), media tensión (MT) y baja tensión (BT); posiblemente, lo que se autorizaría es realizar el levantamiento detallado, con el visto bueno y apoyo técnico y de seguridad de CODENSA, con las líneas energizadas.
- CODENSA manifiesta que la carga provisional para la construcción de la obra se puede solicitar en BT y MT. Al respecto, ALIANZA expone que lo mejor es en MT y que esa instalación provisional puede quedar como parte de la definitiva, para la etapa de operación de la planta.

- Toda la información y los análisis operativos, técnicos y de factibilidad deberán ser avalados por el Centro Nacional de Despacho (CND).
- CODENSA informó que la opción de la futura sub-estación Nueva Esperanza podría ser una fuente confiable y exclusiva, y que debido a los requerimientos de carga de la PTAR para la primera fase (22,57 MW), esa alimentación podrá ser factible, siempre y cuando se resuelvan los problemas de alternativas ambientales y servidumbres a negociar.
- Finalmente, señala CODENSA que para efectos de diseño el “Basic Impulse Level - BIL” sea de 95 en 13,2 kV, 210 en 34,5 kV, 650 en 115 kV y 1050 en 230 kV.

## ANEXO 1

# Registros de los sondeos eléctricos verticales para mediciones de resistividad de tierra

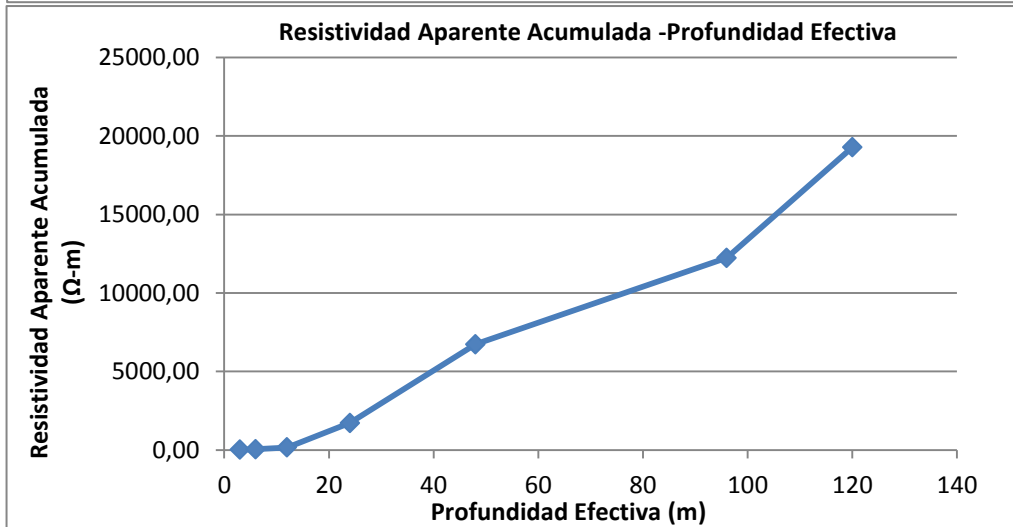
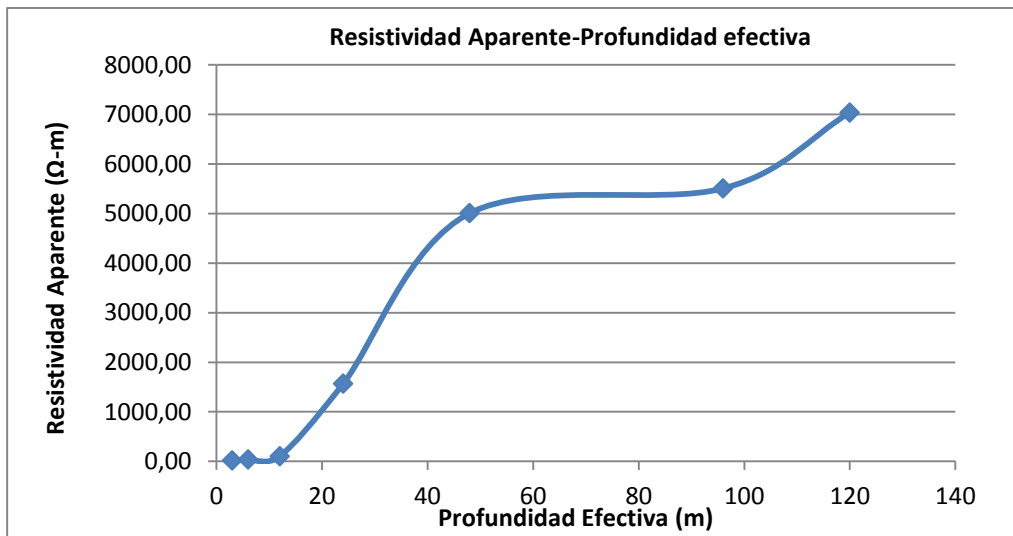


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L3-SEV1

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96127.6
E	81136.9

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R(Ω-m)	ΣR(Ω-m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	18,5	13	17,88	17,88	Arcilla	Arcillas
4	6	3,5	2,5	35,19	53,07	Limo	Limos
8	12	2,3	1,1	105,10	158,17	Limo	Limos
16	24	29,6	1,9	1566,17	1724,34	Materiales granulares	Arenas
32	48	27,4	1,1	5008,27	6732,61	Limolita	Arenas
64	96	67,1	4,9	5506,63	12239,24	Limolita	Limolita
80	120	57,4	4,1	7037,17	19276,41	Limolita	Limolita

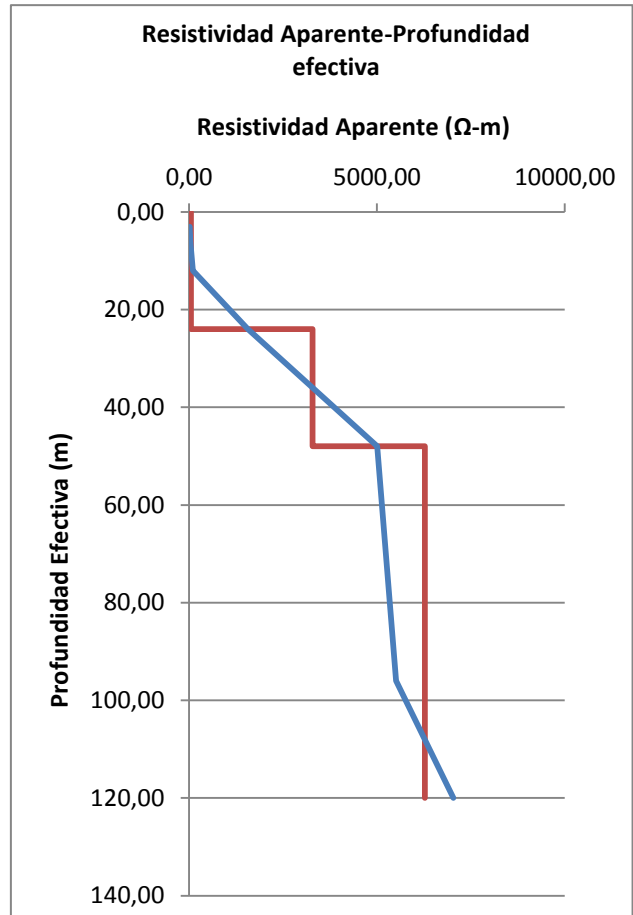




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L3-SEV1

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	52,72	Arcillas y limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	48,00	3287,22	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa
48,00	120,00	6271,90	Limolita, fracturada, altamente meteorizada perteneciente a la formacion guaduas (Fm Guaduas)





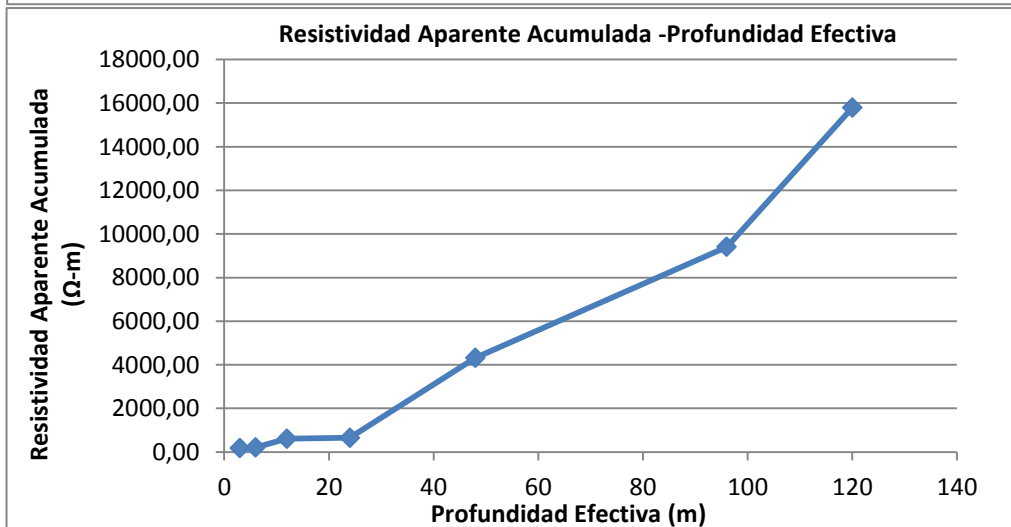
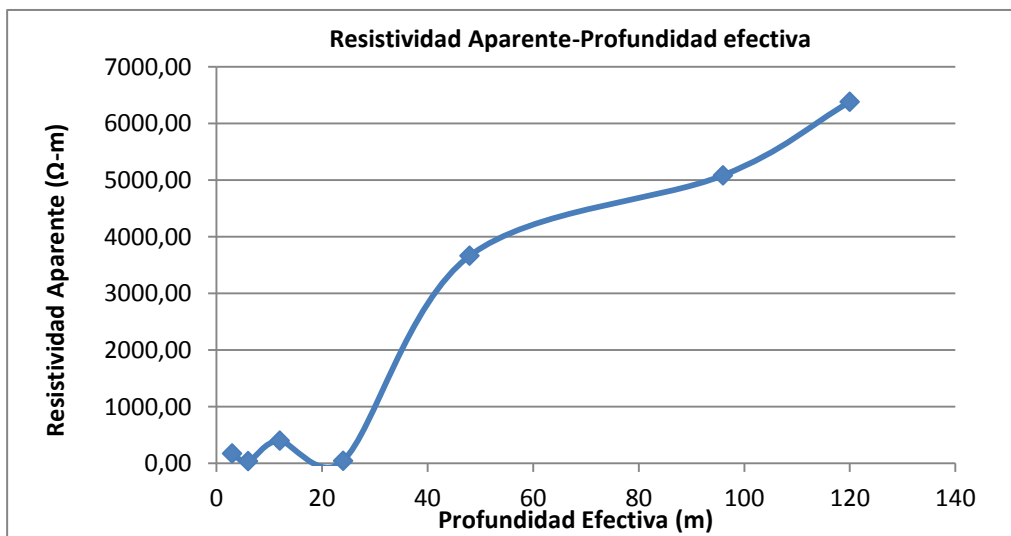


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L3-SEV2

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95859.2
E	81303.0

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	60,2	4,38	172,72	172,72	Limo	Limos
4	6	34,2	23,6	36,42	209,14	Limo	Limos
8	12	31,4	3,94	400,59	609,73	Materiales granulares	Arenas
16	24	2,3	5,2	44,47	654,20	Limo	Limos
32	48	54,7	3	3666,03	4320,22	Materiales granulares	Arenas
64	96	21,5	1,7	5085,68	9405,91	Limolita	Limolita
80	120	29,2	2,3	6381,53	15787,44	Limolita	Limolita

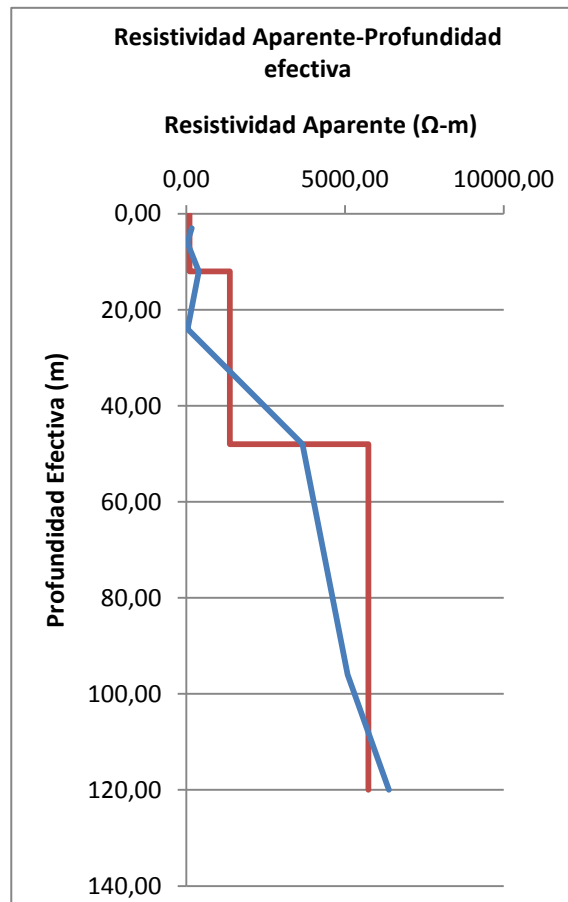




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L3-SEV2

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	12,00	104,57	Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
12,00	48,00	1370,36	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
48,00	120,00	5733,61	Limolita, fracturada, altamente meteorizada perteneciente a la formación guaduas (Fm Guaduas)



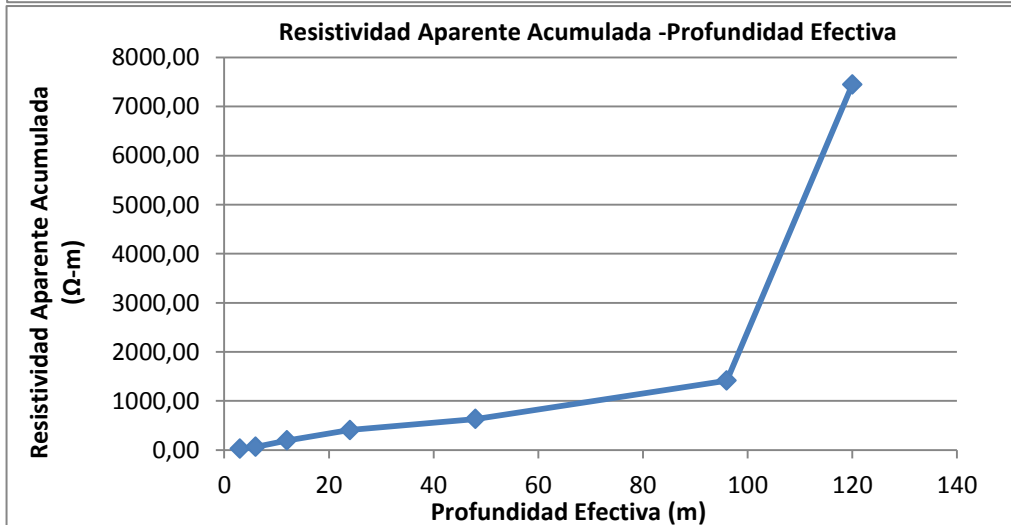
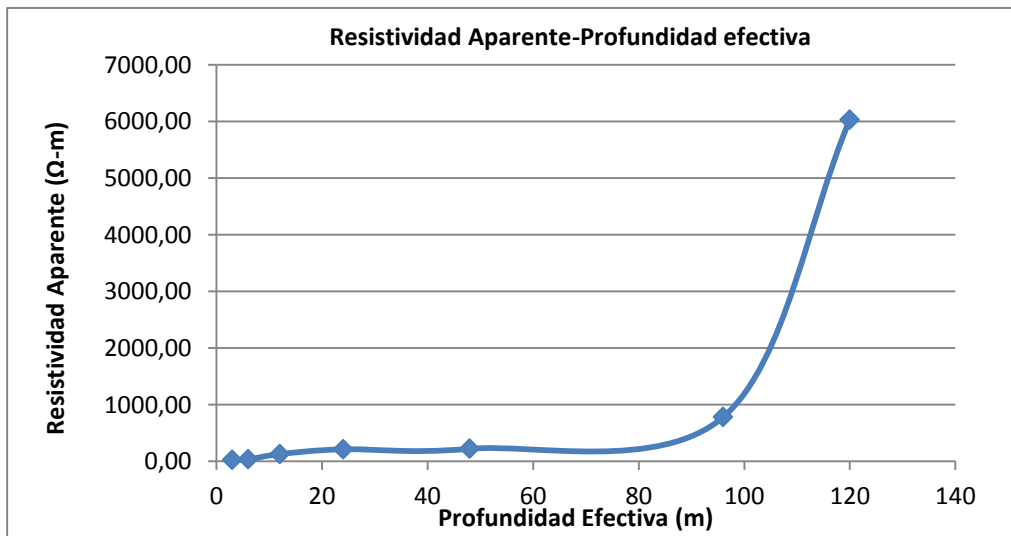


ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER

PROYECTO Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
LOCALIZACIÓN Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
SONDEO L3-SEV3

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95604.1
E	81460.9

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	11,7	5	29,41	29,41	Limo	Limos
4	6	13,3	9	37,14	66,55	Limo	Limos
8	12	12,8	5	128,68	195,23	Limo	Limos
16	24	8,5	4	213,63	408,85	Materiales granulares	Arenas
32	48	12,2	11	223,00	631,85	Materiales granulares	Arenas
64	96	9,73	5	782,53	1414,38	Limolita	Limolita
80	120	1,2	0,1	6031,86	7446,24	Limolita	Limolita

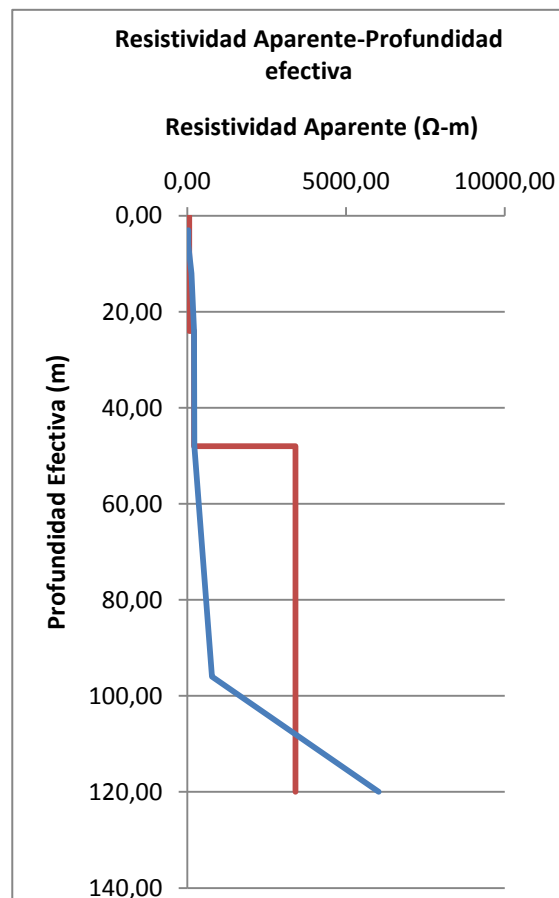




## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

PROYECTO	Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas
LOCALIZACIÓN	Hacienda Canoas. Soacha. Cund
SONDEO	L3-SEV3

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	65,08	Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	48,00	218,31	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
48,00	120,00	3407,20	Limolita, fracturada, altamente meteorizada perteneciente a la formación guaduas (Fm Guaduas)



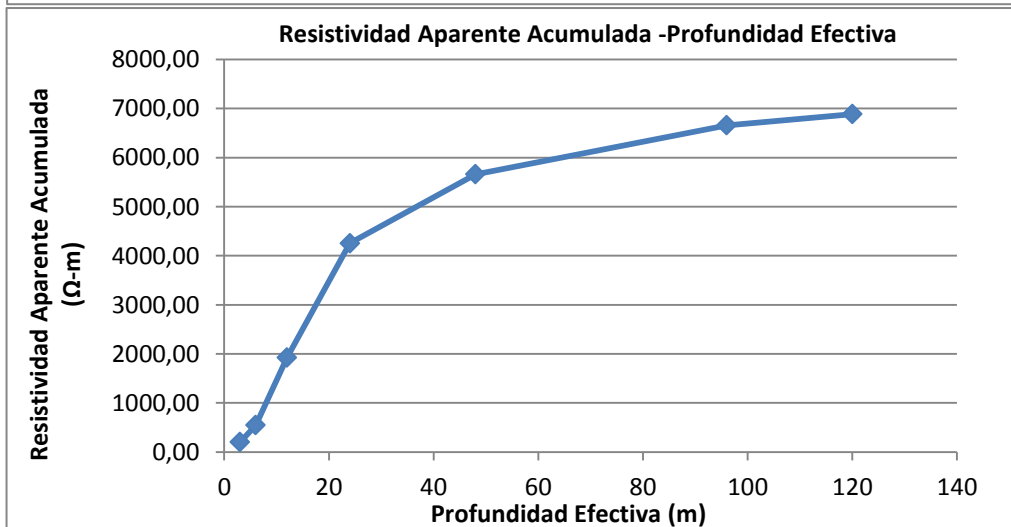
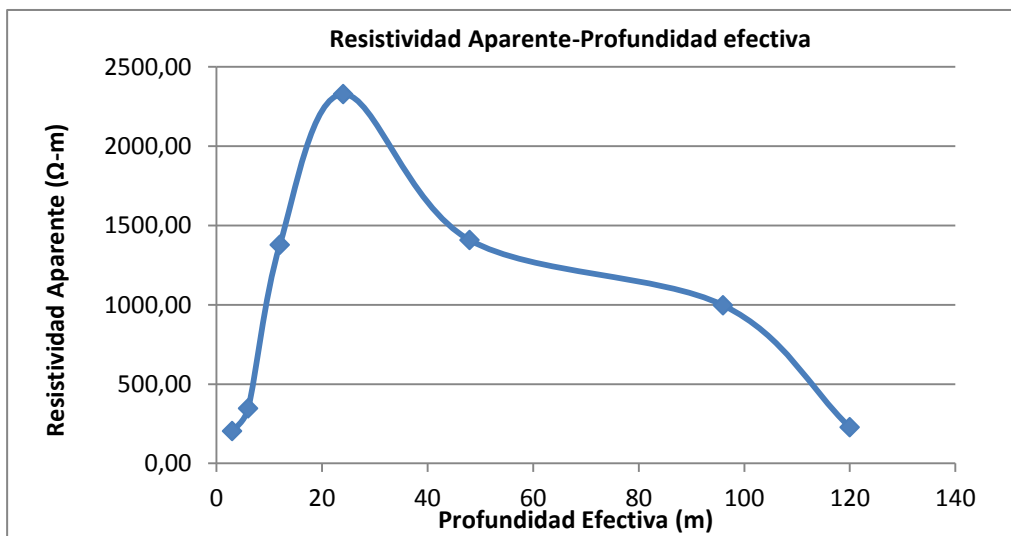


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L4-SEV1

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96928.1
E	80464.8

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	58,1	3,6	202,81	202,81	Materiales granulares	Limos-Arenosos
4	6	17,5	1,27	346,32	549,12	Materiales granulares	Limos-Arenosos
8	12	29,6	1,08	1377,65	1926,77	Materiales granulares	Limos-Arenosos
16	24	34,5	1,49	2327,73	4254,50	Materiales granulares	Limos-Arenosos
32	48	21	3	1407,43	5661,94	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	5,7	2,3	996,57	6658,50	Limolita	Limolita
80	120	1,4	3,1	227,01	6885,51	Lutita	Lutita

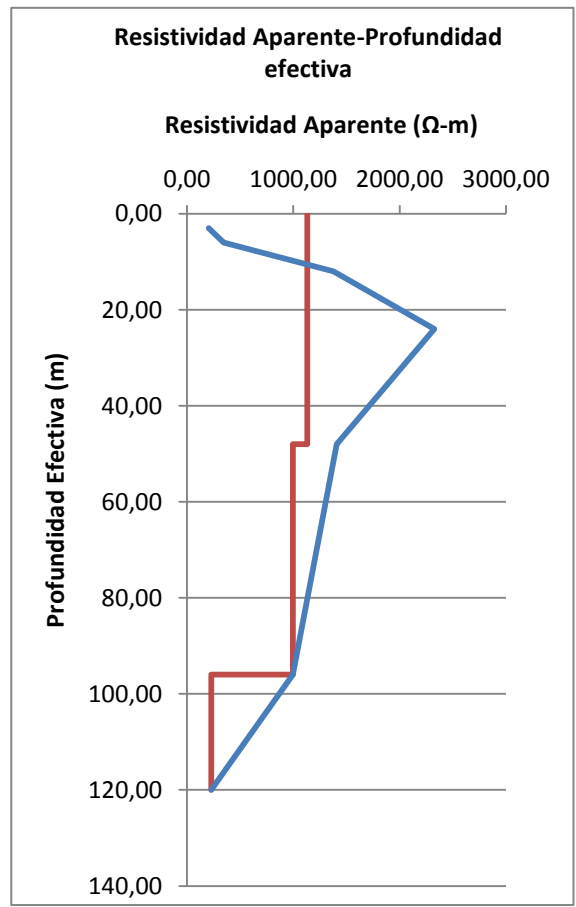




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L4-SEV1

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD (Ω-m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	48,00	1132,39	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
48,00	96,00	996,57	Limolita, fracturada, altamente meteorizada perteneciente a la formación guaduas (Fm Guaduas)
96,00	120,00	227,01	Lutitas, fracturadas, altamente meteorizadas, pertenecientes a la formación Guaduas (Fm Guaduas)



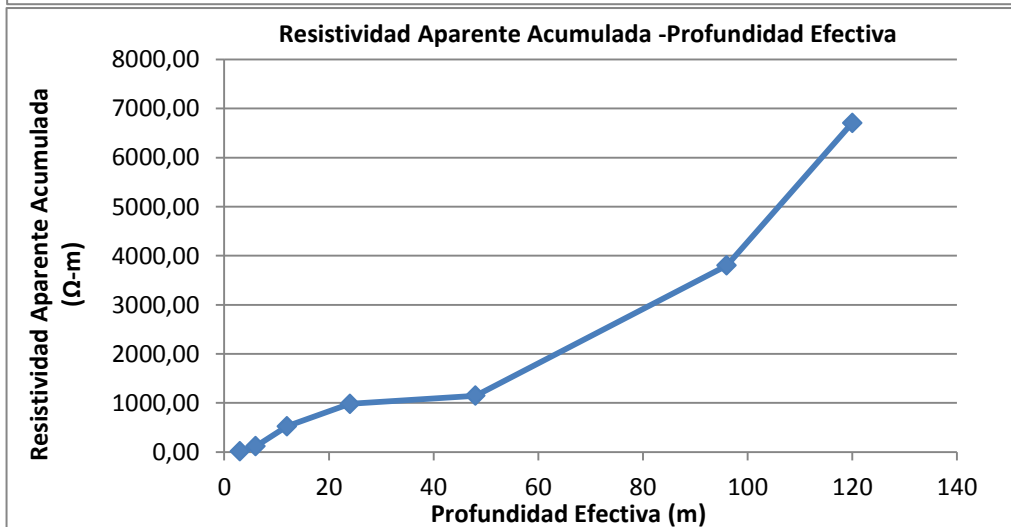
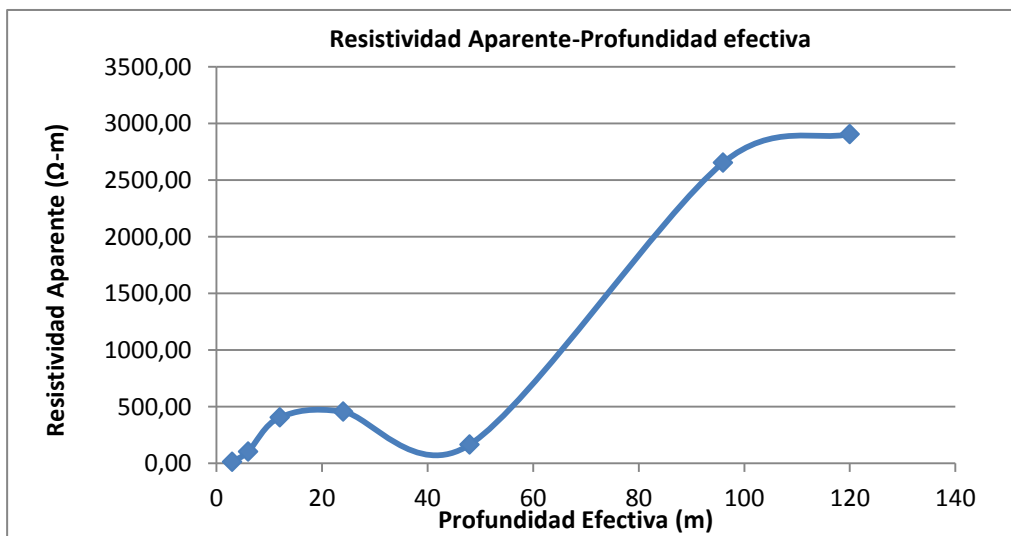


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L4-SEV2

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96673.0
E	80622.8

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	3,9	3,8	12,90	12,90	Arcilla	Arcillas
4	6	28,5	6,8	105,34	118,23	Limo	Limos
8	12	11,3	1,4	405,71	523,95	Materiales granulares	Limos-Arenosos
16	24	17,7	3,9	456,26	980,20	Materiales granulares	Limos-Arenosos
32	48	4,3	5,2	166,26	1146,47	Limo	Limos
64	96	13,2	2	2654,02	3800,48	Limolita	Limolita
80	120	34,7	6	2907,02	6707,50	Limolita	Limolita

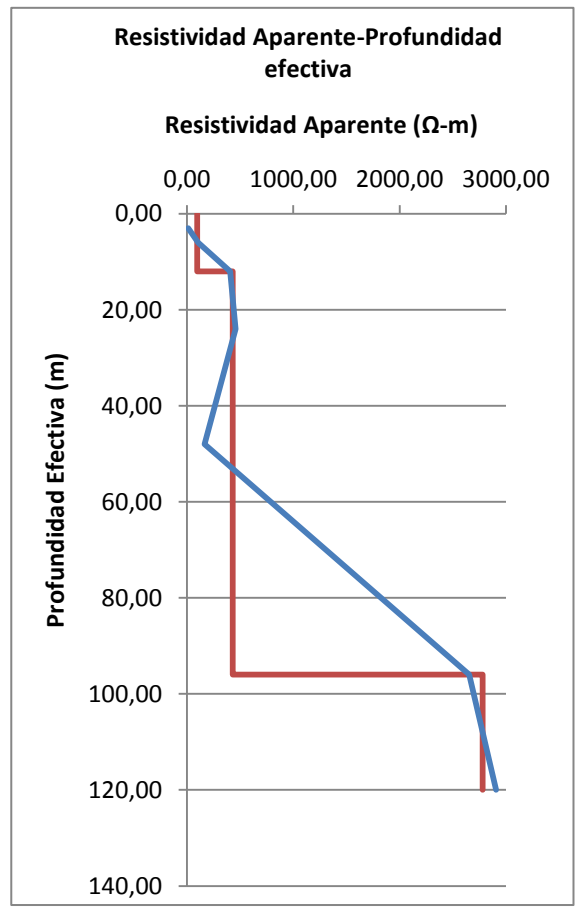




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L4-SEV2

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	12,00	94,83	Arcillas y limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
12,00	96,00	430,99	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	2780,52	Limolita, fracturada, altamente meteorizada perteneciente a la formación guaduas (Fm Guaduas)





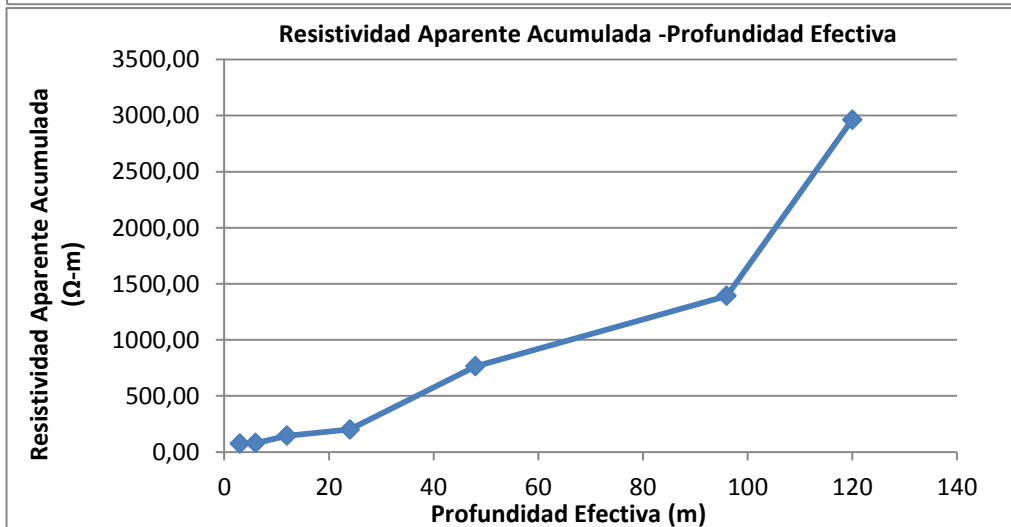
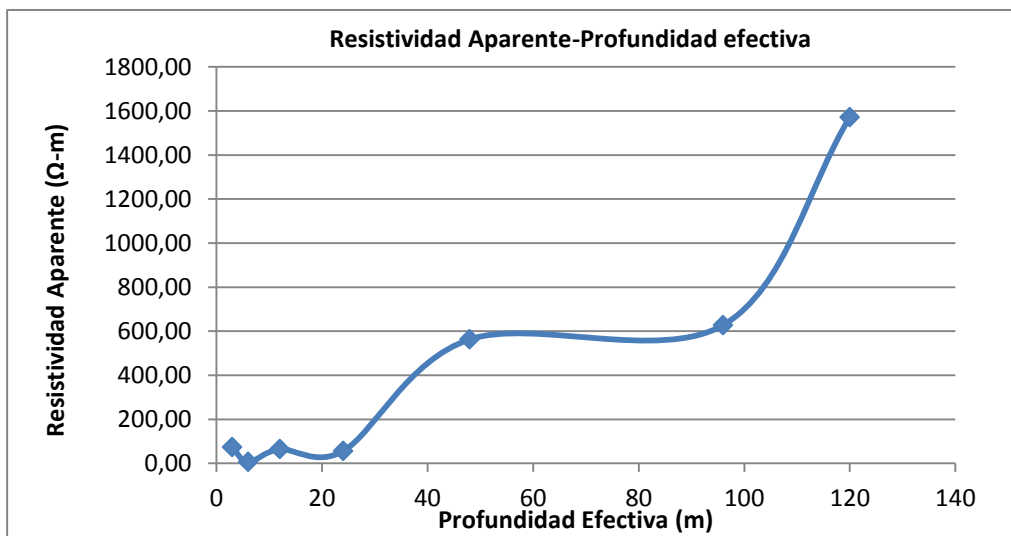


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L4-SEV3

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96413.8
E	80774.0

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	17,6	3	73,72	73,72	Limo	Limos
4	6	1,3	5	6,53	80,26	Arcilla	Arcillas
8	12	7,7	6	64,51	144,76	Limo	Limos
16	24	2,8	5	56,30	201,06	Limo	Limos
32	48	16,8	6	562,97	764,04	Materiales granulares	Arenas
64	96	20,3	13	627,93	1391,97	Limolita	Limolita
80	120	93,8	30	1571,63	2963,60	Limolita	Limolita

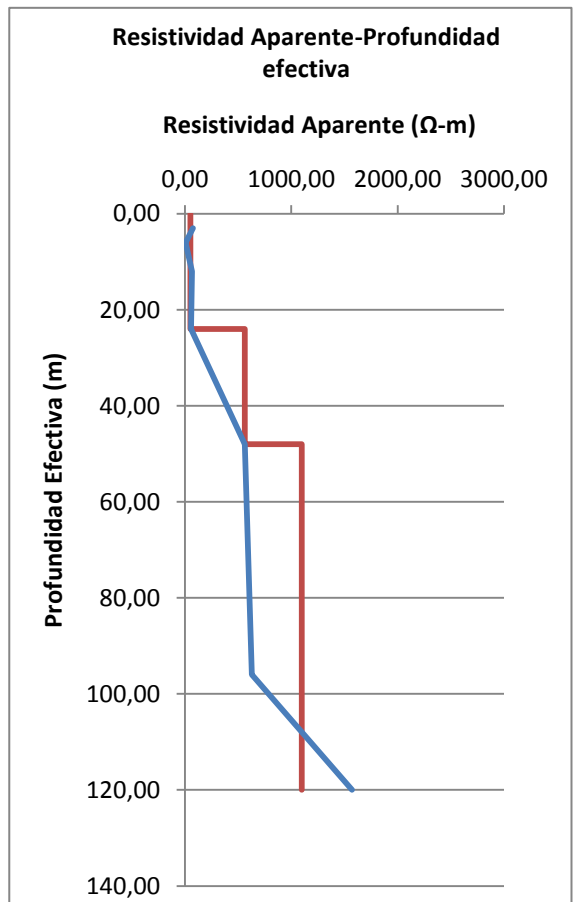




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L4-SEV3

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	50,27	Arcillas y limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	48,00	562,97	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
48,00	120,00	1099,78	Limolita, fracturada, altamente meteorizada perteneciente a la formación guaduas (Fm Guaduas)



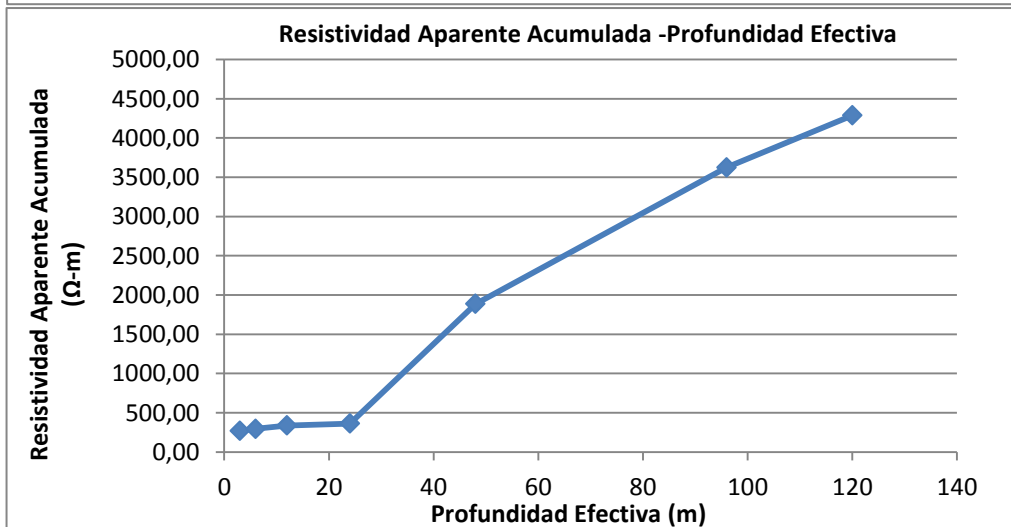
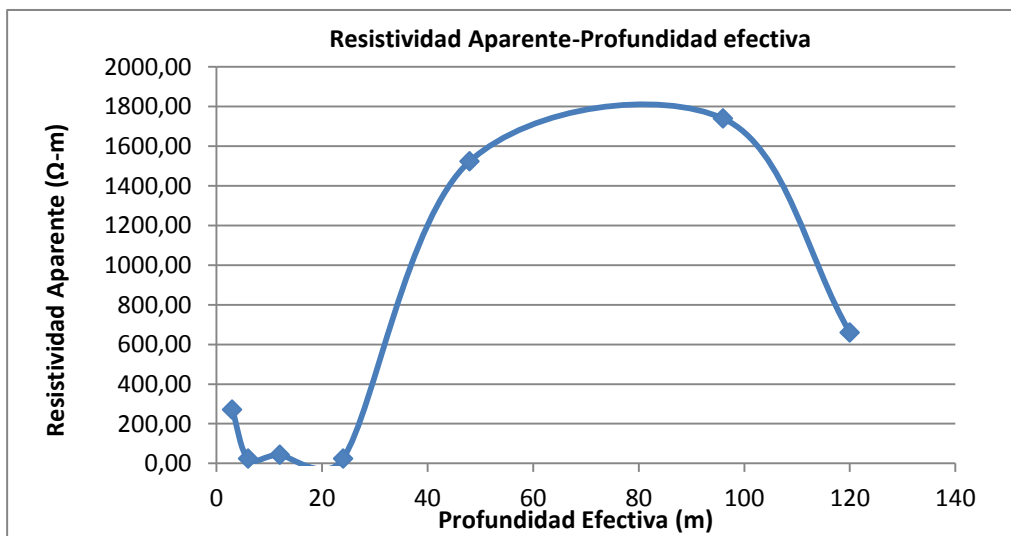


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L4-SEV4

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96162.9
E	80938.6

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	365,9	17	270,47	270,47	Materiales granulares	Limos-Arenosos
4	6	18,6	19	24,60	295,08	Limo	Limos
8	12	11,3	13	43,69	338,77	Limo	Limos
16	24	2,9	12	24,29	363,06	Limo	Limos
32	48	37,9	5	1524,05	1887,11	Materiales granulares	Arenas
64	96	34,6	8	1739,19	3626,30	Limolita	Limolita
80	120	18,4	14	660,63	4286,93	Limolita	Limolita

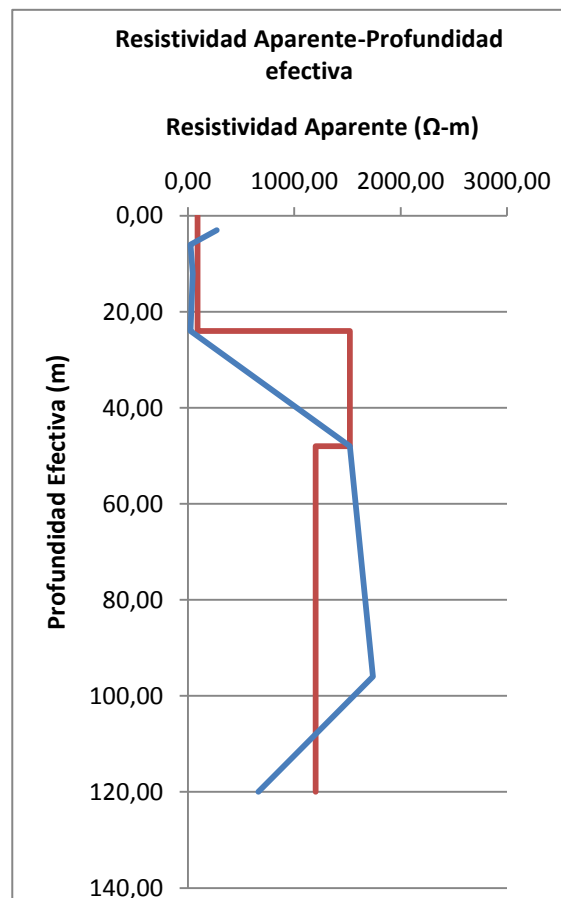




## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

<b>PROYECTO</b>	Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas
<b>LOCALIZACIÓN</b>	Hacienda Canoas. Soacha. Cund
<b>SONDEO</b>	L4-SEV4

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	90,77	Arcillas y limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	48,00	1524,05	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
48,00	120,00	1199,91	Limolita, fracturada, altamente meteorizada perteneciente a la formación guaduas (Fm Guaduas)



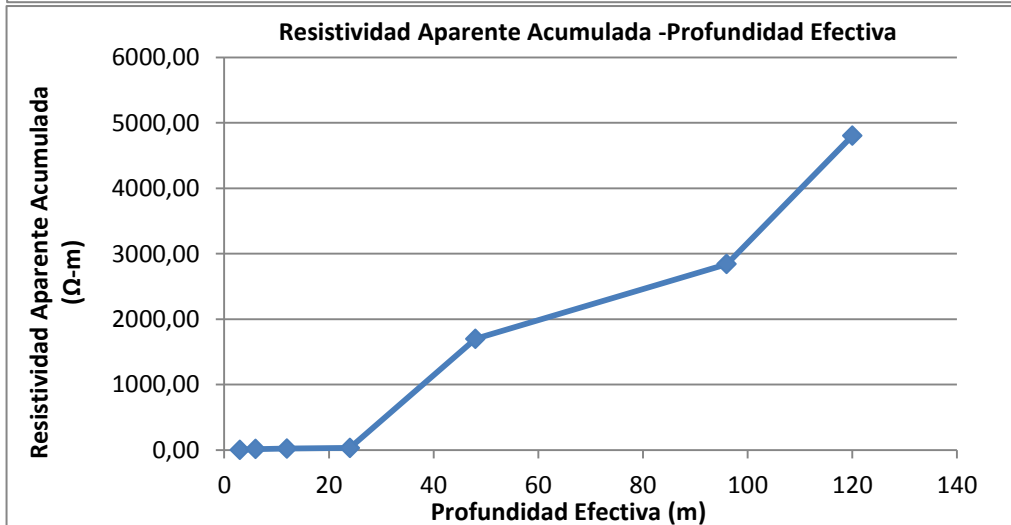
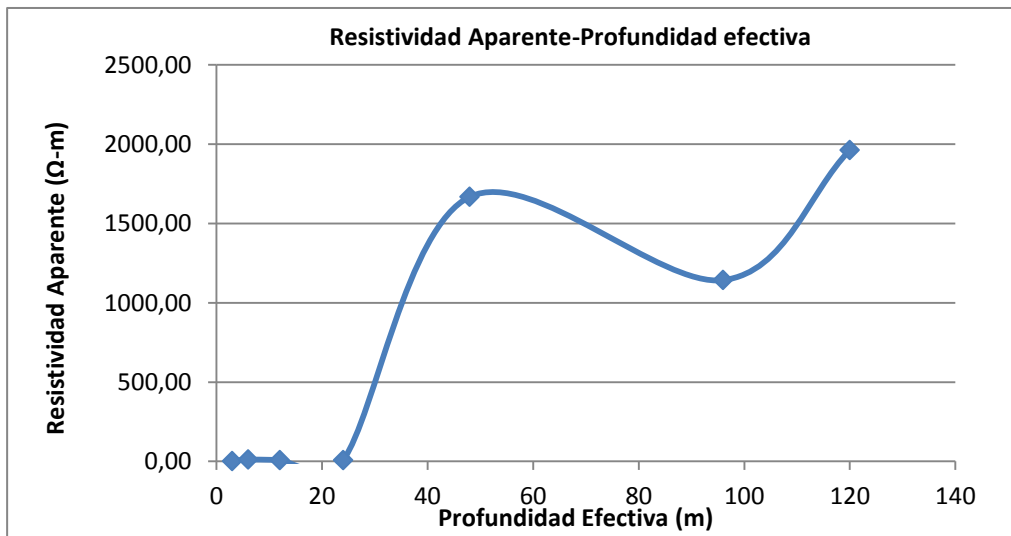


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L4-SEV5

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95907.8
E	81096.5

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	10,3	66	1,96	1,96	Arcilla	Arcillas
4	6	31,8	67	11,93	13,89	Arcilla	Arcillas
8	12	5,6	32	8,80	22,69	Arcilla	Arcillas
16	24	6,2	79	7,89	30,58	Arcilla	Arcillas
32	48	81,3	9,8	1667,99	1698,57	Materiales granulares	Arenas
64	96	27	9,5	1142,88	2841,45	Limolita	Limolita
80	120	16,4	4,2	1962,75	4804,20	Limolita	Limolita

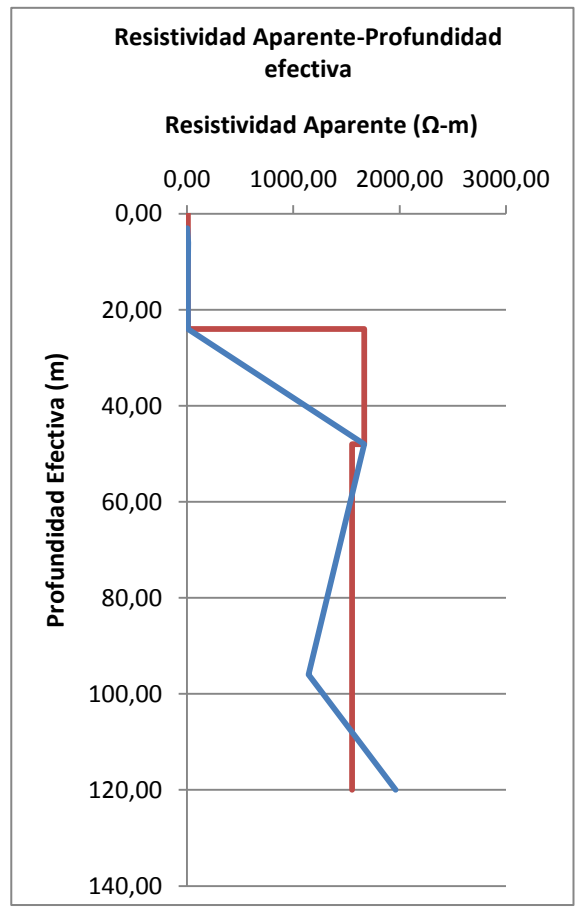




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L4-SEV5

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	7,64	Arcillas y limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	48,00	1667,99	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
48,00	120,00	1552,81	Limolita, fracturada, altamente meteorizada perteneciente a la formacion guaduas (Fm Guaduas)



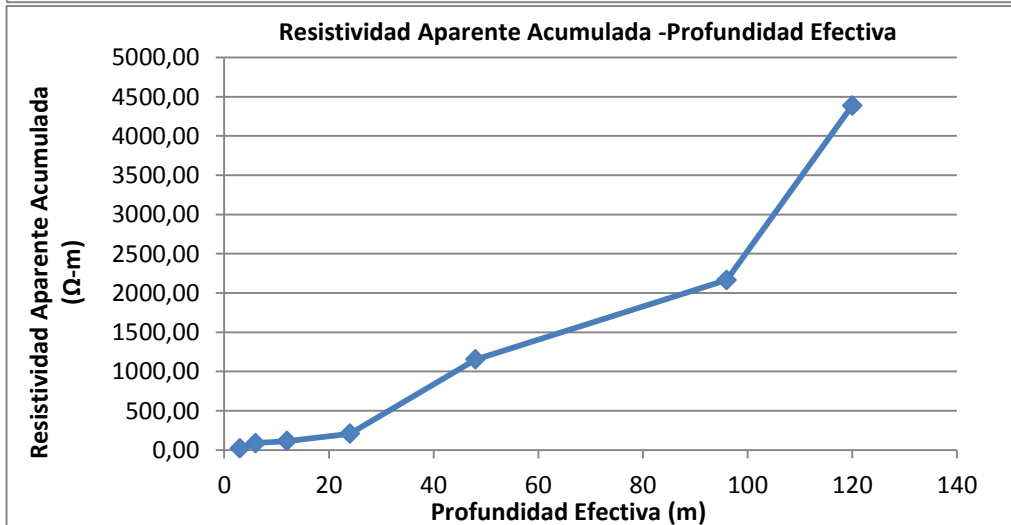
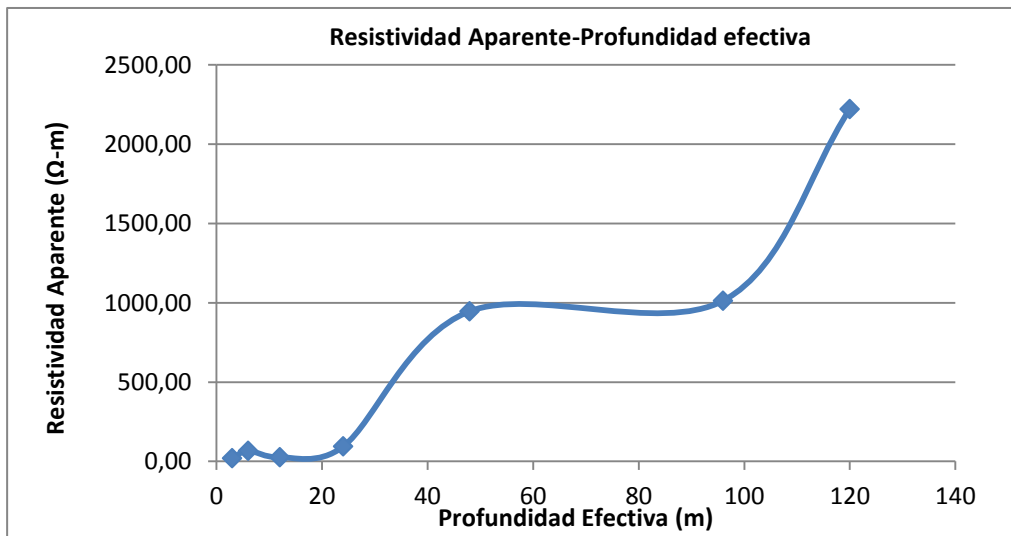


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L4-SEV6

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95652.7
E	81254.4

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	29,6	18,6	20,00	20,00	Arcilla	Arcillas
4	6	25,5	9,6	66,76	86,76	Limo	Limos
8	12	4,9	9,3	26,48	113,24	Limo	Limos
16	24	11,4	12,2	93,94	207,18	Limo	Limos
32	48	53,2	11,3	946,59	1153,77	Materiales granulares	Arenas
64	96	6,3	2,5	1013,35	2167,12	Limolita	Limolita
80	120	24,3	5,5	2220,82	4387,94	Limolita	Limolita

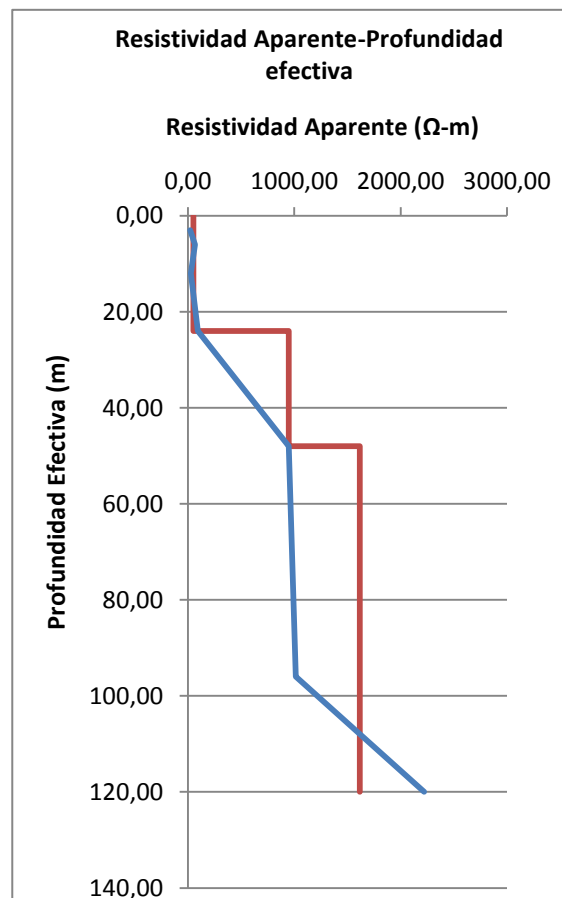




## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

<b>PROYECTO</b>	Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas
<b>LOCALIZACIÓN</b>	Hacienda Canoas. Soacha. Cund
<b>SONDEO</b>	L4-SEV6

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	51,79	Arcillas y limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	48,00	946,59	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
48,00	120,00	1617,09	Limolita, fracturada, altamente meteorizada perteneciente a la formación guaduas (Fm Guaduas)





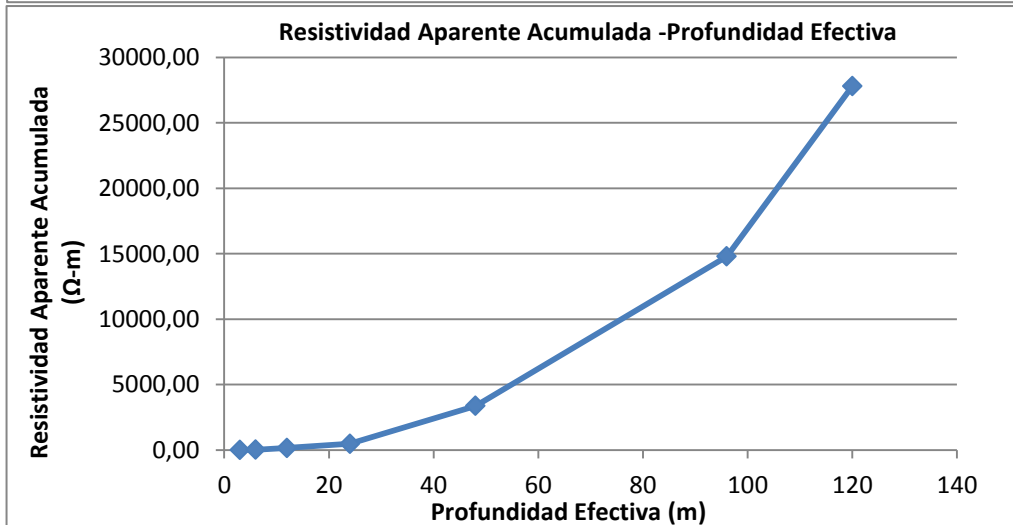
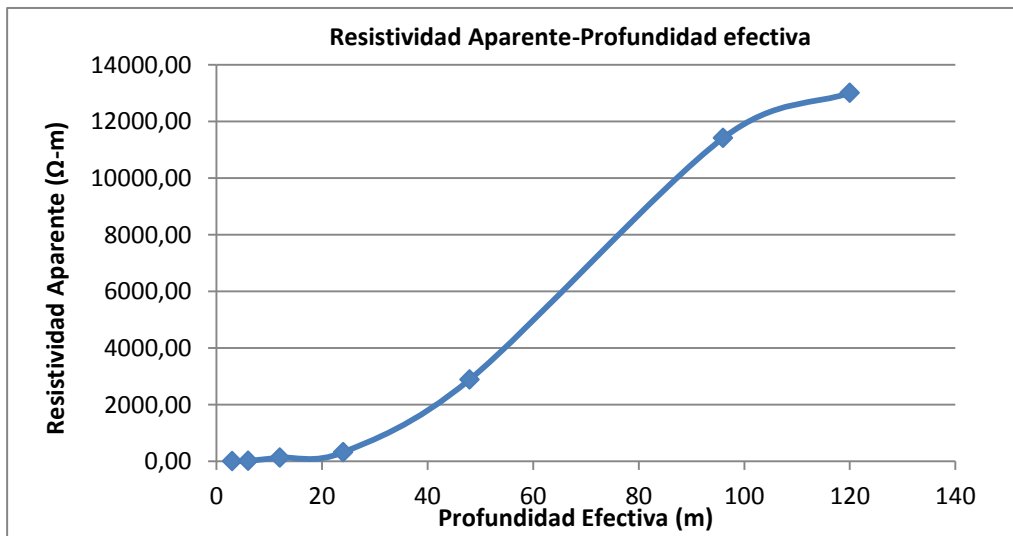


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L5-SEV1

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96976.7
E	80258.3

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R(Ω-m)	ΣR(Ω-m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	11,3	23,5	6,04	6,04	Arcilla	Arcillas
4	6	6,8	10,65	16,05	22,09	Arcilla	Arcillas
8	12	15,5	5,8	134,33	156,42	Limo	Limos
16	24	34,6	10,8	322,07	478,49	Materiales granulares	Arenas
32	48	83,5	5,8	2894,60	3373,09	Materiales granulares	Arenas
64	96	81,2	2,86	11416,94	14790,03	Limolita	Limolita
80	120	51	1,97	13012,89	27802,92	Limolita	Limolita

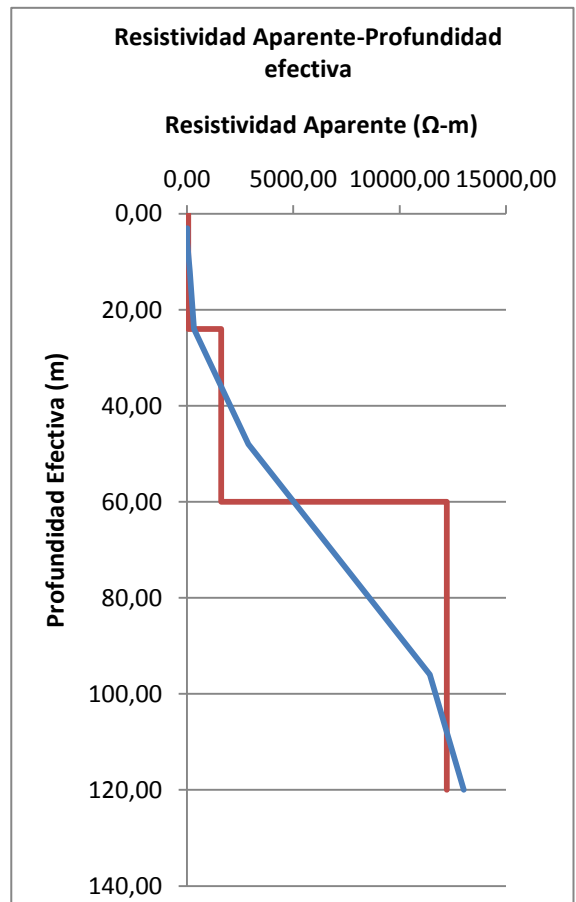




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L5-SEV1

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	52,14	Arcillas y limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	60,00	1608,33	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
60,00	120,00	12214,92	Limolita, fracturada, altamente meteorizada perteneciente a la formación guaduas (Fm Guaduas)



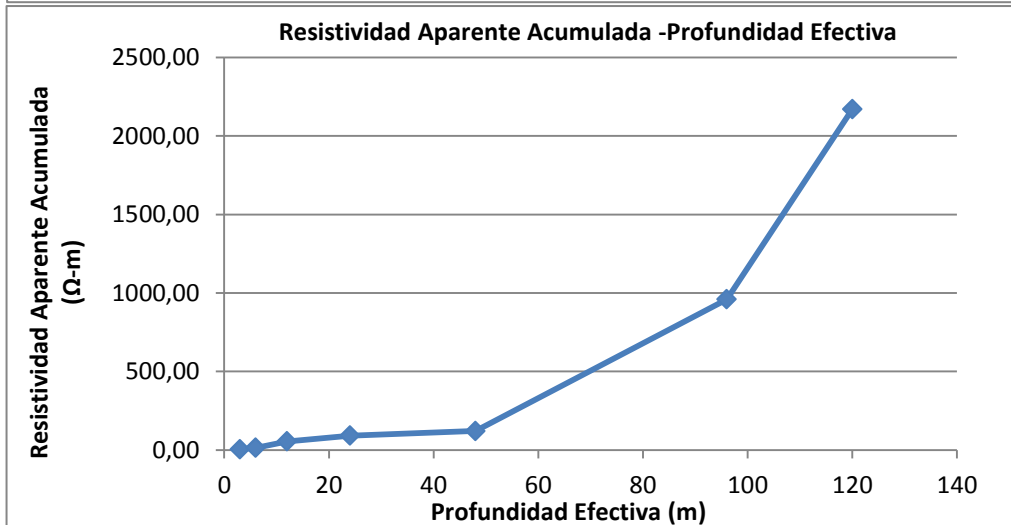
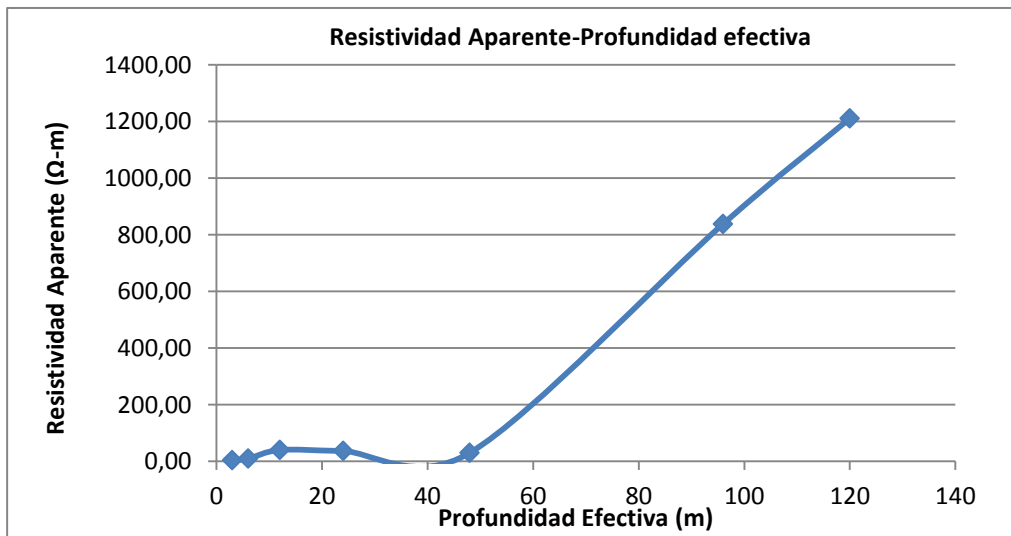


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L5-SEV2

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96721.6
E	80416.3

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	18,86	49	4,84	4,84	Arcilla	Arcillas
4	6	17,7	46,5	9,57	14,40	Arcilla	Arcillas
8	12	6,24	7,81	40,16	54,56	Limo	Limos
16	24	10,01	27,4	36,73	91,29	Limo	Limos-Arenosos
32	48	7,62	50,6	30,28	121,57	Limo	Limos-Arenosos
64	96	20,14	9,66	838,38	959,95	Limolita	Limolita
80	120	7,66	3,18	1210,80	2170,75	Limolita	Limolita

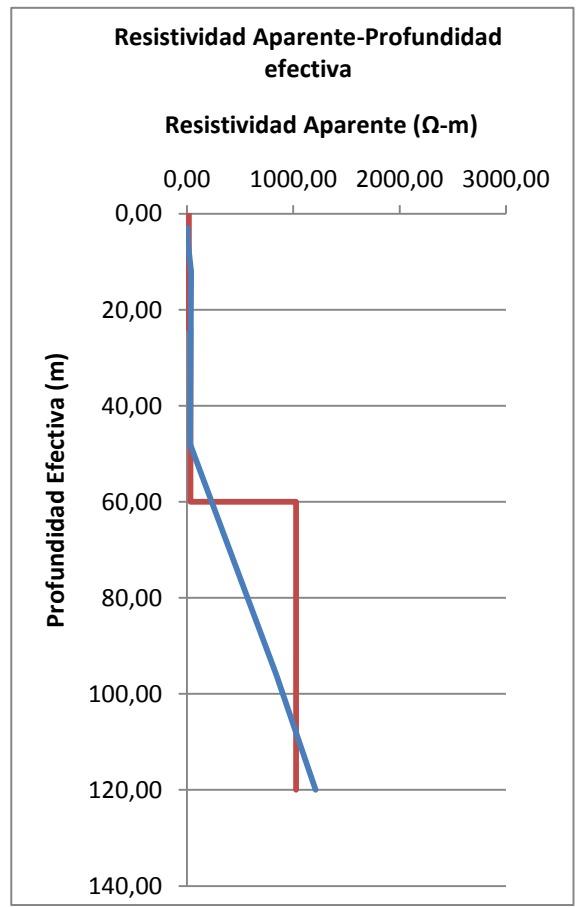




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L5-SEV2

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	18,19	Arcillas y limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	60,00	33,50	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
60,00	120,00	1024,59	Limolita, fracturada, altamente meteorizada perteneciente a la formación guaduas (Fm Guaduas)



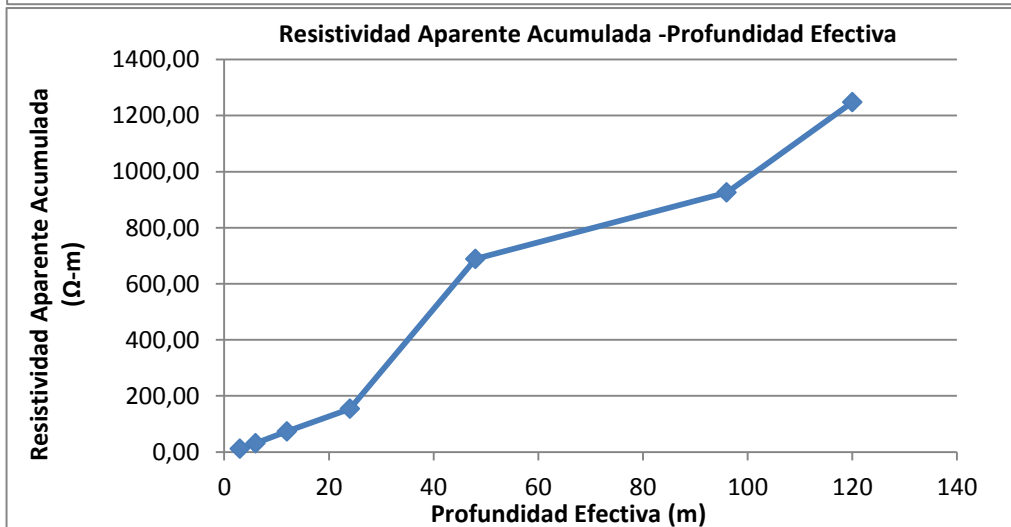
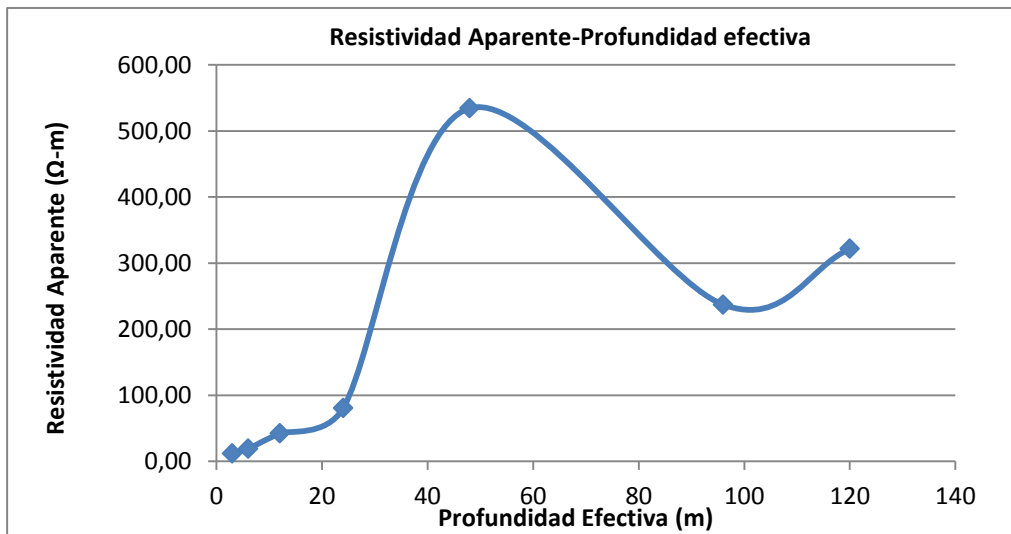


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L5-SEV3

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96466.5
E	80574.2

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	19,3	20,4	11,89	11,89	Arcilla	Arcillas
4	6	9,3	12,1	19,32	31,21	Arcilla	Arcillas
8	12	7,5	8,9	42,36	73,56	Limo	Limos
16	24	11,3	14,1	80,57	154,13	Limo	Limos
32	48	20,2	7,6	534,40	688,53	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	11,8	20	237,25	925,79	Lutita	Lutitas
80	120	1,6	2,5	321,70	1247,49	Lutita	Lutitas

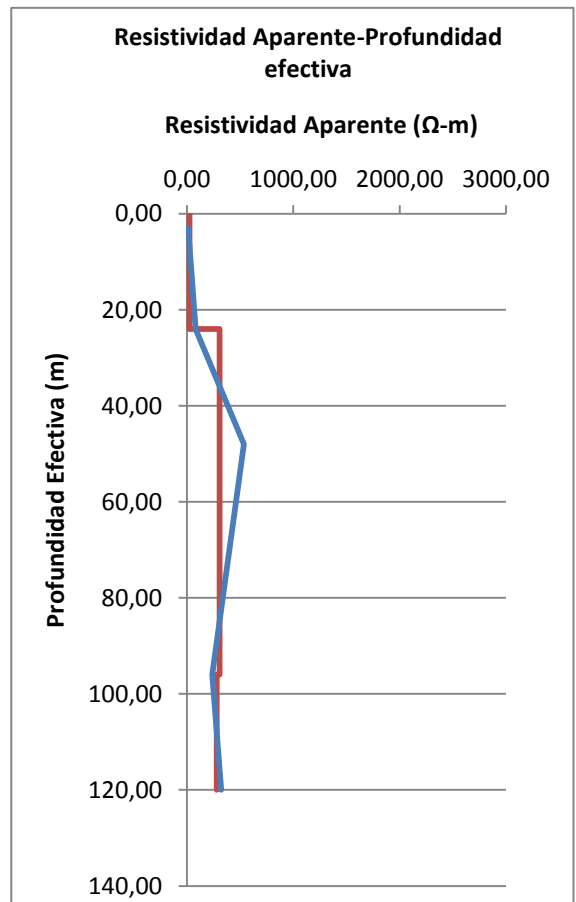




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L5-SEV3

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	24,52	Arcillas y limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	96,00	307,48	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	279,48	Lutitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



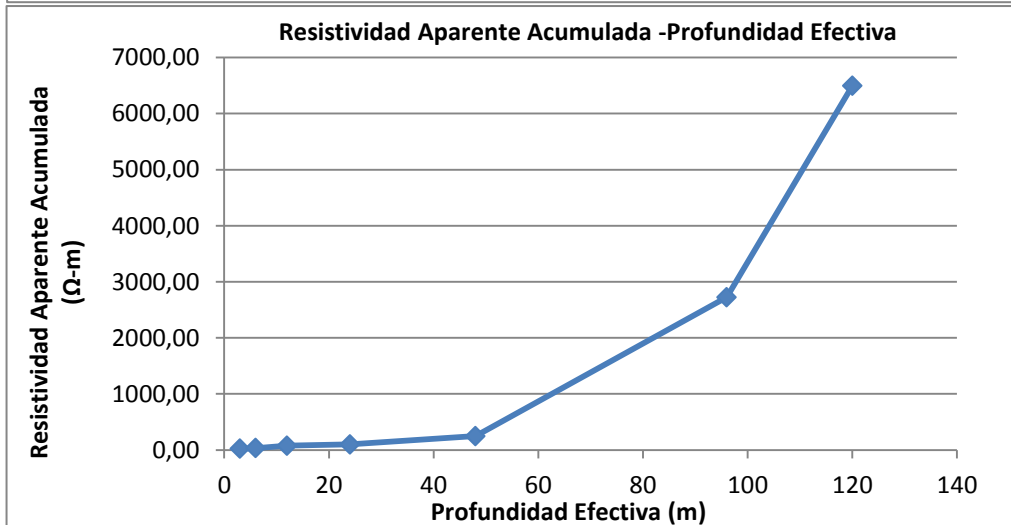
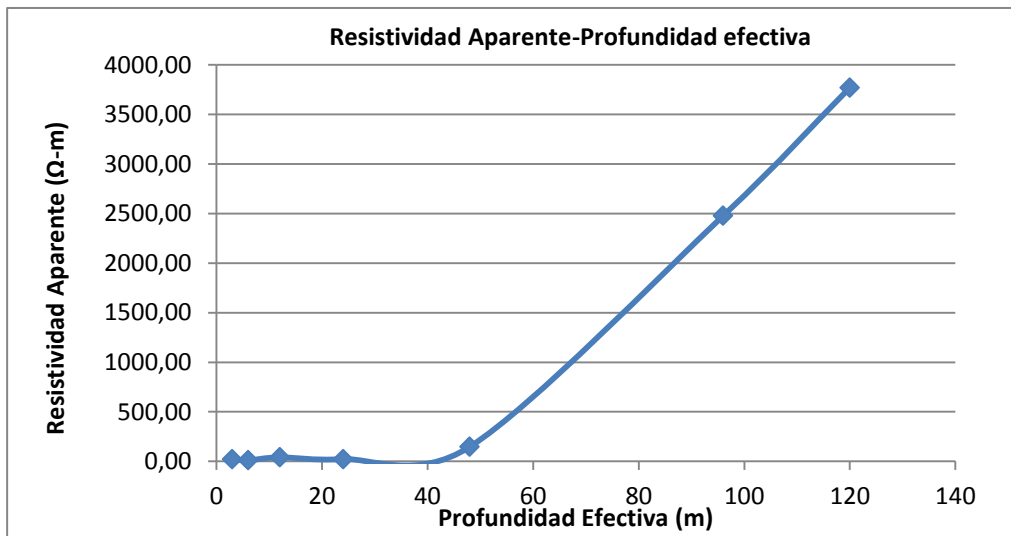


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L5-SEV4

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96211.4
E	80732.1

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	24,08	13,2	22,92	22,92	Limo	Limos
4	6	6,78	14,6	11,67	34,60	Arcilla	Arcillas
8	12	15,5	19	41,01	75,60	Limo	Limos
16	24	4,9	21	23,46	99,06	Limo	Limos
32	48	11,46	15,6	147,70	246,76	Limo	Limos-Arenosos
64	96	41,28	6,7	2477,56	2724,32	Limolita	Limolitas
80	120	24	3,2	3769,91	6494,24	Limolita	Limolitas

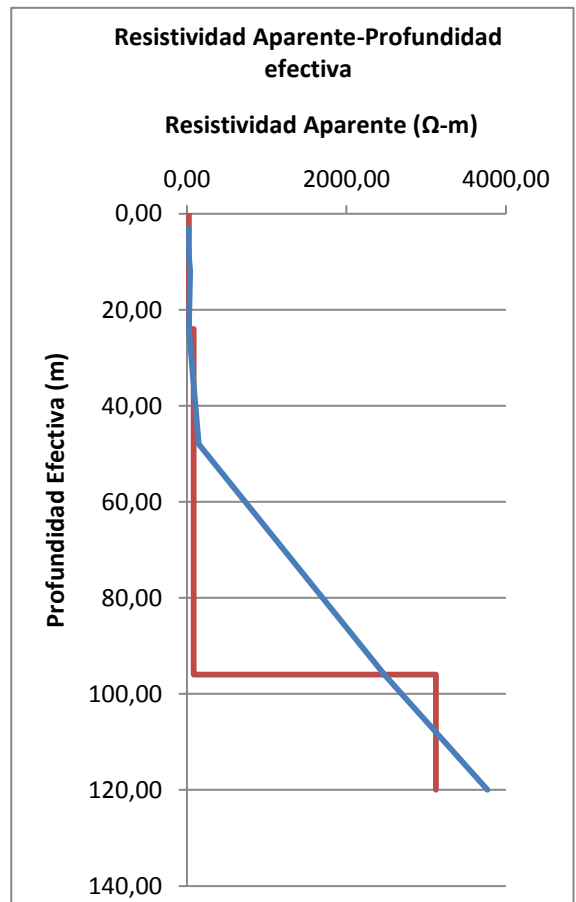




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L5-SEV4

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	25,20	Arcillas y limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	96,00	85,58	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	3123,74	Limolita, fracturada, altamente meteorizada perteneciente a la formación guaduas (Fm Guaduas)





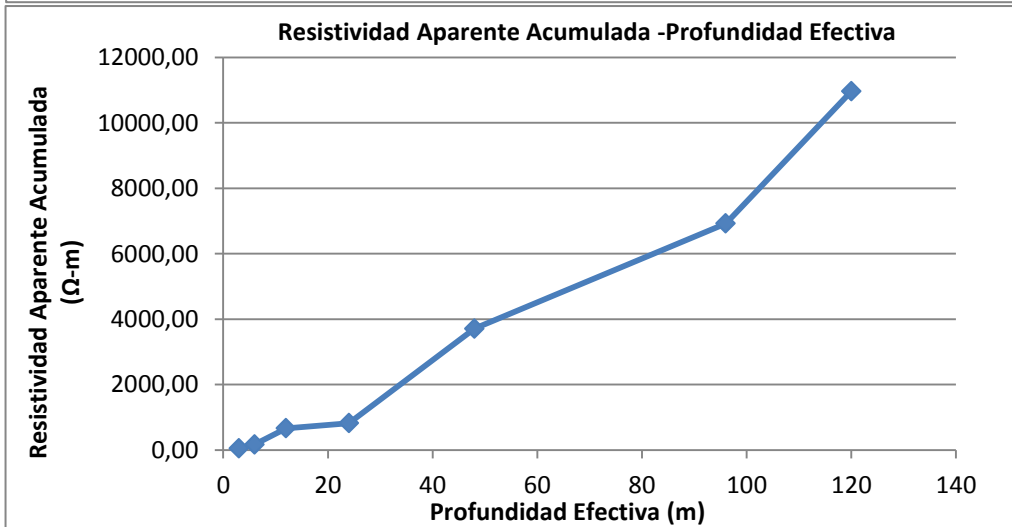
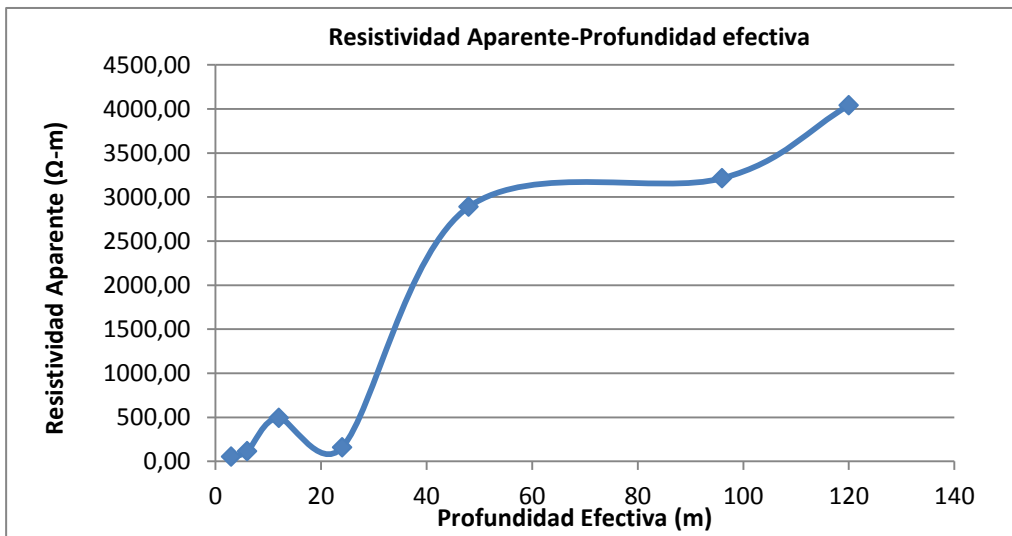


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L5-SEV5

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95969.7
E	80881.8

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R(Ω-m)	ΣR(Ω-m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	16,9	4	53,09	53,09	Limo	Limos
4	6	27,6	6	115,61	168,70	Limo	Limos
8	12	39,3	4	493,86	662,56	Materiales granulares	Limos
16	24	11,1	7	159,41	821,98	Limo	Limos-Arenosos
32	48	43,1	3	2888,59	3710,57	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	79,9	10	3212,97	6923,53	Limolita	Limolitas
80	120	64,3	8	4040,09	10963,62	Limolita	Limolitas

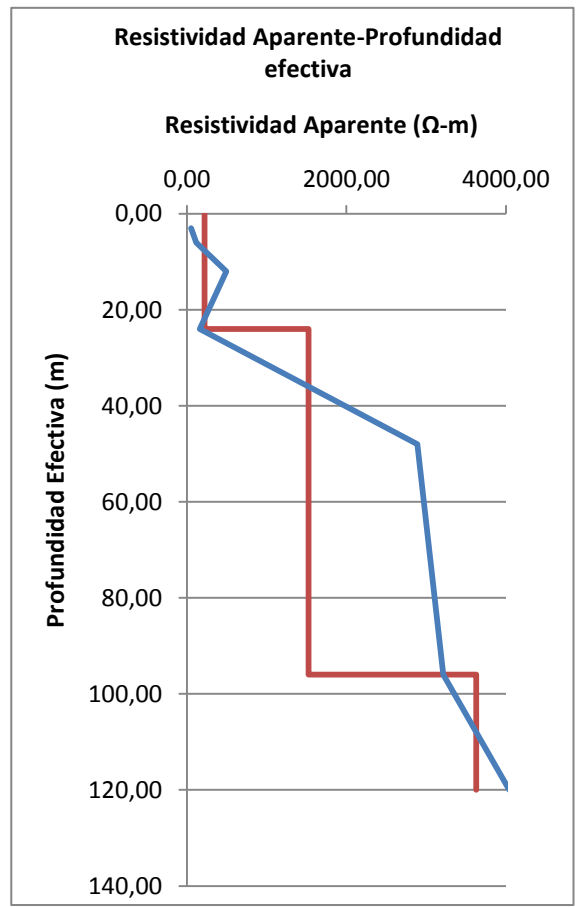




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L5-SEV5

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	220,85	Arcillas y limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	96,00	1524,00	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	3626,53	Limolita, fracturada, altamente meteorizada perteneciente a la formación guaduas (Fm Guaduas)



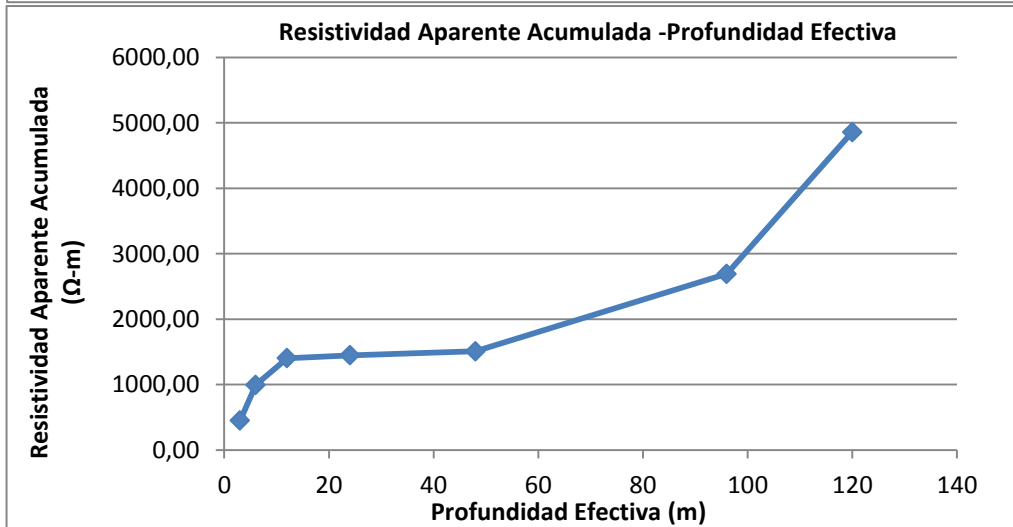
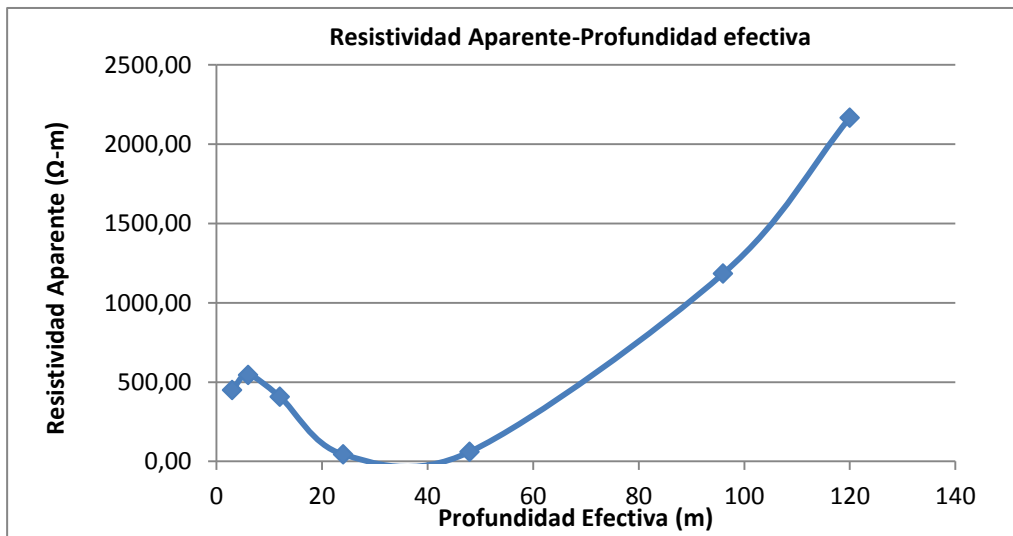


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L5-SEV6

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95446.2
E	81205.9

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R(Ω-m)	ΣR(Ω-m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	46,6	1,3	450,46	450,46	Materiales granulares	Limos-Arenosos
4	6	34,7	1,6	545,07	995,52	Materiales granulares	Limos-Arenosos
8	12	21,9	2,7	407,71	1403,23	Materiales granulares	Limos-Arenosos
16	24	1,5	3,4	44,35	1447,58	Limo	Limos
32	48	3,5	11,6	60,67	1508,25	Limo	Limos
64	96	10,6	3,6	1184,03	2692,28	Limolita	Limolitas
80	120	11,9	2,76	2167,24	4859,52	Limolita	Limolitas

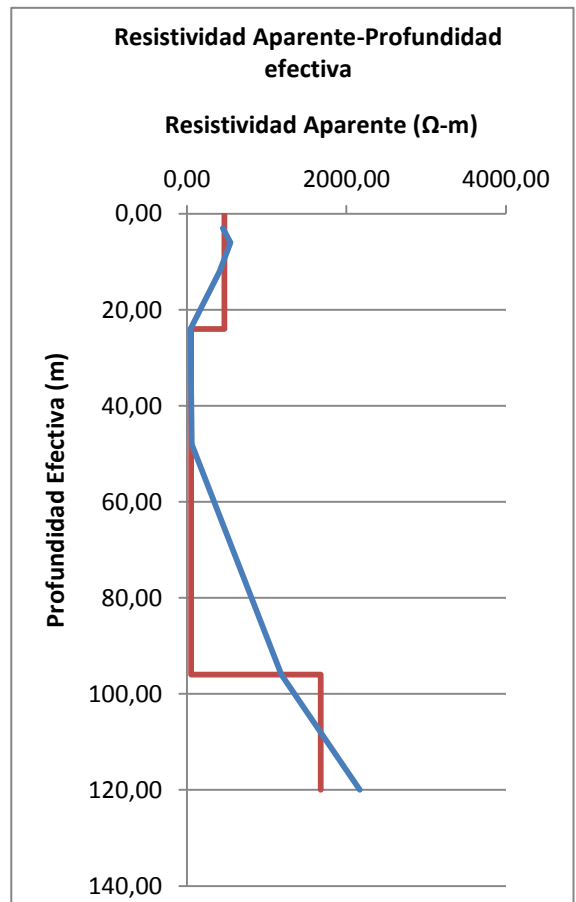




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L5-SEV6

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	467,74	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
24,00	96,00	52,51	Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
96,00	120,00	1675,64	Limolita, fracturada, altamente meteorizada perteneciente a la formación guaduas (Fm Guaduas)



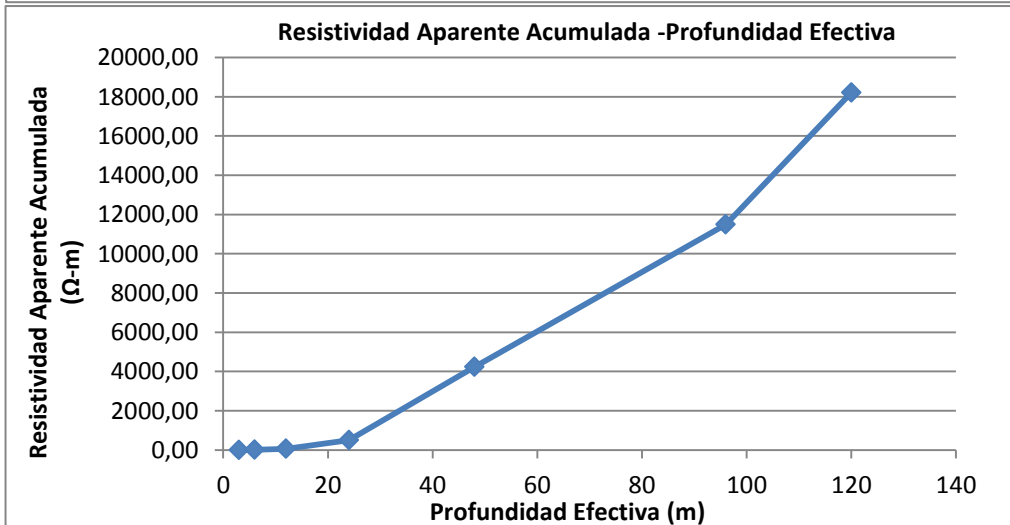
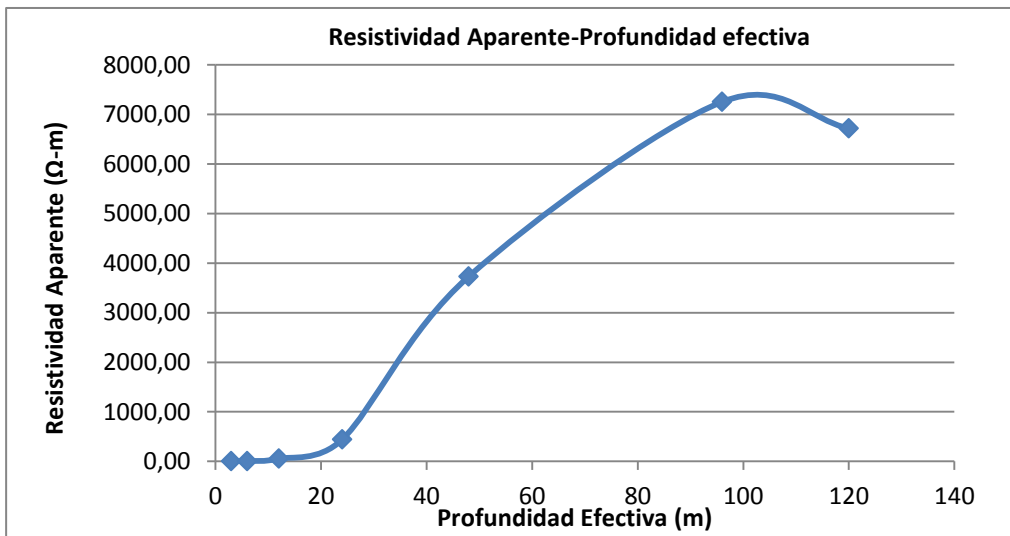


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L6-SEV1

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	97067.3
E	80025.8

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	14,52	40	4,56	4,56	Arcilla	Arcillas
4	6	13,02	42,3	7,74	12,30	Arcilla	Arcillas
8	12	42,3	38,9	54,66	66,96	Limo	Limos
16	24	53,2	12,1	442,00	508,96	Materiales granulares	Limos-Arenosos
32	48	20,6	1,11	3731,42	4240,38	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	19,3	1,07	7253,26	11493,64	Limolita	Limolitas
80	120	15,1	1,13	6716,89	18210,53	Limolita	Limolitas

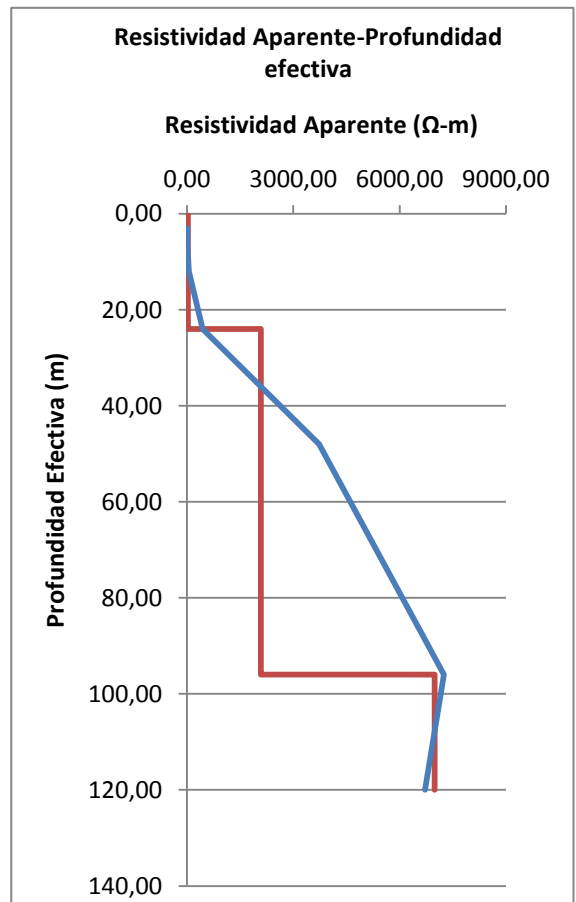




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L6-SEV1

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	22,32	Arcillas y limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	96,00	2086,71	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	6985,08	Limolita, fracturada, altamente meteorizada perteneciente a la formación guaduas (Fm Guaduas)



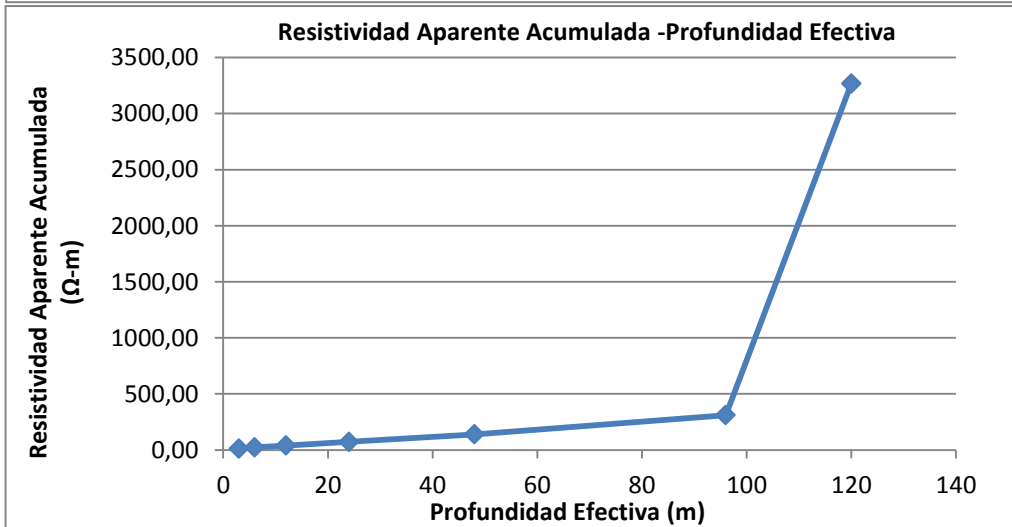
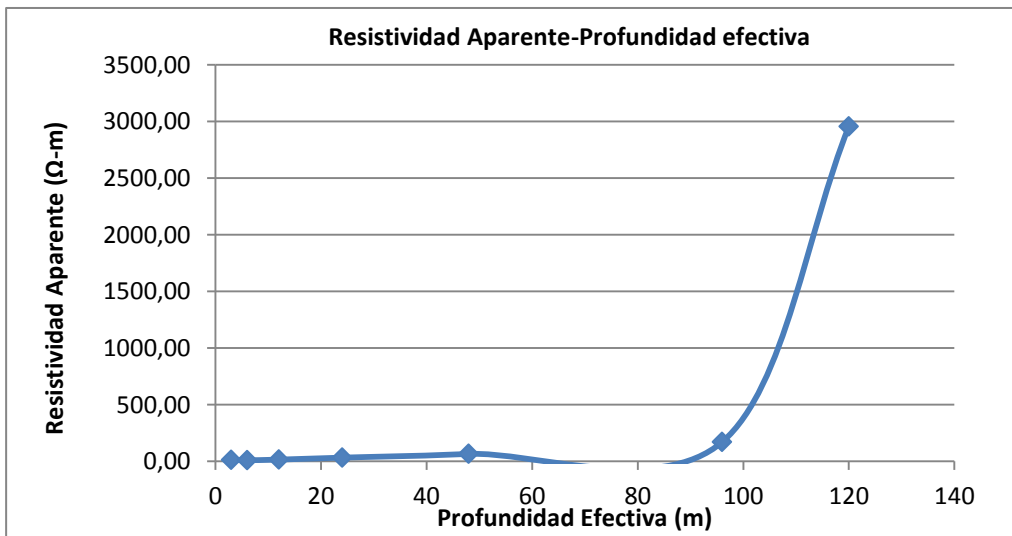


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L6-SEV2

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96770.2
E	80209.8

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R(Ω-m)	ΣR(Ω-m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	40	38,3	13,12	13,12	Arcilla	Arcillas
4	6	15,93	38	10,54	23,66	Arcilla	Arcillas
8	12	15,78	49,4	16,06	39,72	Arcilla	Arcillas
16	24	15,26	45,9	33,42	73,14	Limo	Limos
32	48	14	42,6	66,08	139,22	Limo	Limos
64	96	5,12	12	171,57	310,79	Lutita	Lutitas
80	120	44,1	7,5	2955,61	3266,40	Limolita	Limolitas

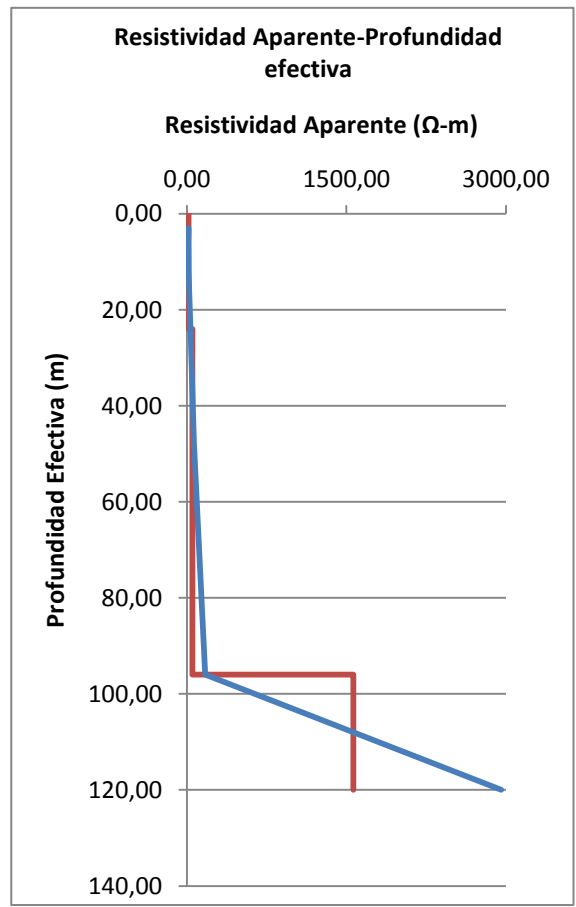




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L6-SEV2

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	13,24	Arcillas de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	96,00	49,75	Limos de humedad media, plasticidad media, consistencia media a alta
96,00	120,00	1563,59	Limolitas y Lutitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)





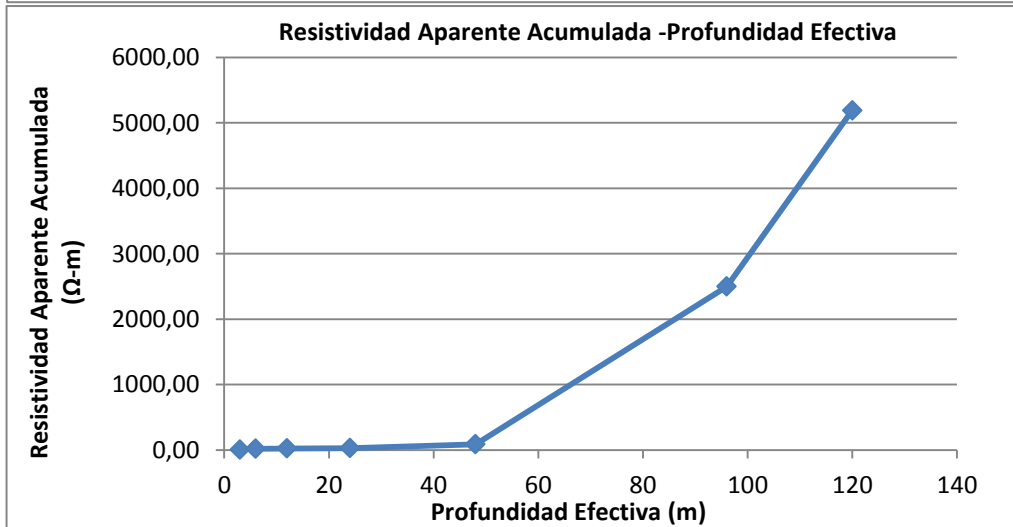
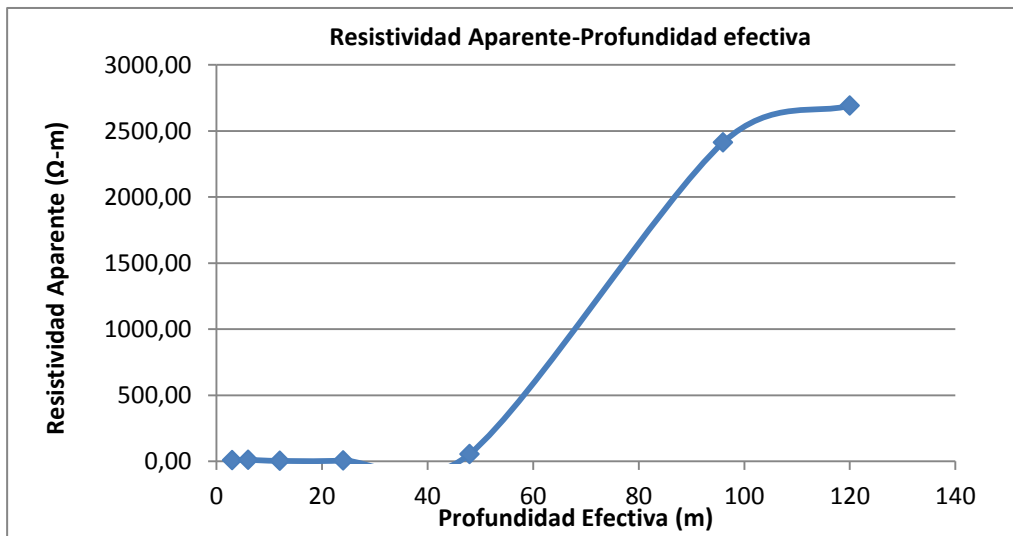


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L6-SEV3

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96515.1
E	80367.7

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R(Ω-m)	ΣR(Ω-m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	11,7	17,7	8,31	8,31	Arcilla	Arcillas
4	6	10,1	22,5	11,28	19,59	Arcilla	Arcillas
8	12	1,9	23,7	4,03	23,62	Arcilla	Arcillas
16	24	2,1	31,6	6,68	30,30	Arcilla	Arcillas
32	48	6,9	24,5	56,63	86,92	Limo	Limos
64	96	53,4	8,9	2412,74	2499,67	Limolita	Limolitas
80	120	40,7	7,6	2691,85	5191,52	Limolita	Limolitas

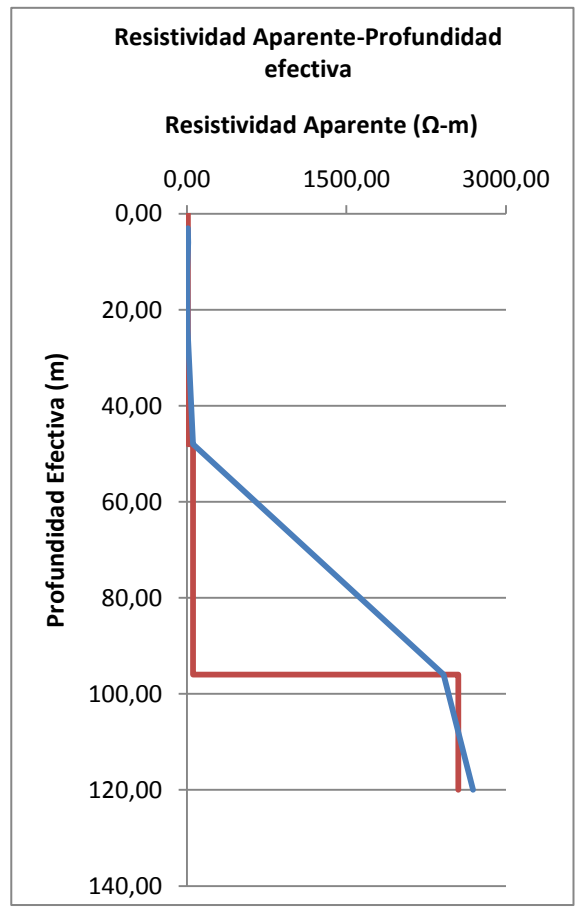




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L6-SEV3

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	48,00	7,57	Arcillas de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
48,00	96,00	56,63	Limos de humedad media, plasticidad media, consistencia media a alta
96,00	120,00	2552,30	Limolitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



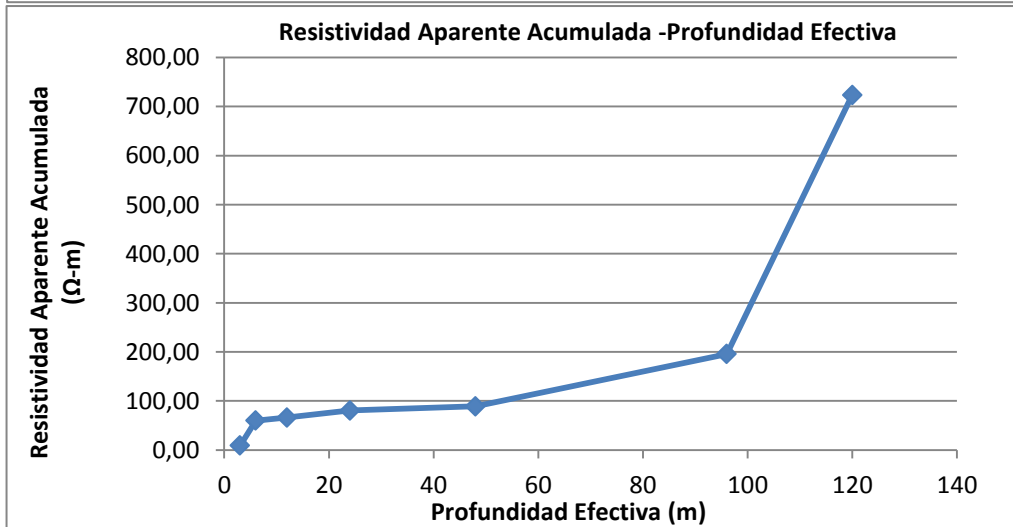
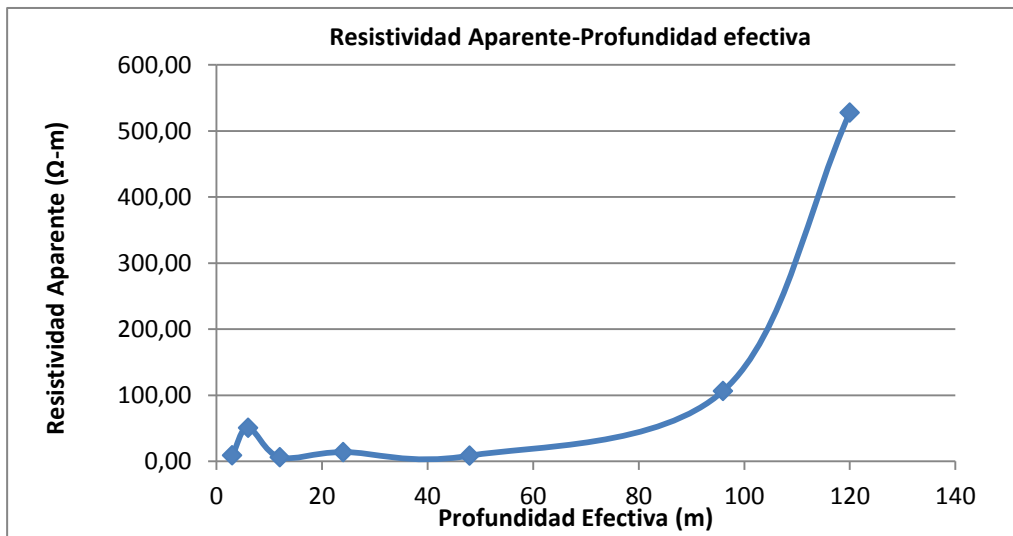


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L6-SEV4

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96260.0
E	80525.8

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R(Ω-m)	ΣR(Ω-m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	11,3	15,8	8,99	8,99	Arcilla	Arcillas
4	6	46	22,7	50,93	59,92	Limo	Limos
8	12	2,8	22,1	6,37	66,29	Arcilla	Arcillas
16	24	2,9	20,6	14,15	80,44	Arcilla	Arcillas
32	48	0,9	20,9	8,66	89,10	Arcilla	Arcillas
64	96	1,3	4,9	106,69	195,78	Lutita	Lutitas
80	120	4,2	4	527,79	723,57	Limolita	Limolitas

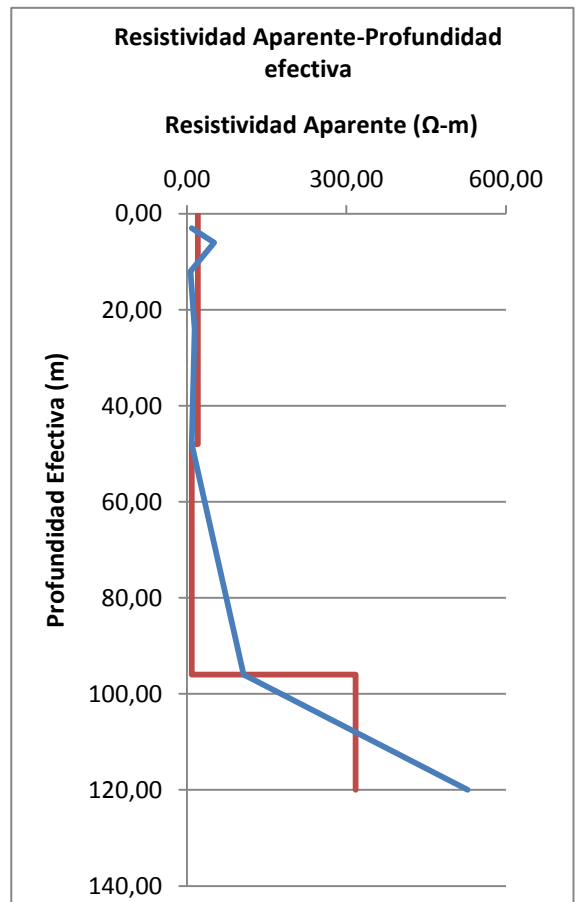




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L6-SEV4

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	48,00	20,11	Arcillas y limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
48,00	96,00	8,66	
96,00	120,00	317,24	Limolitas y Lutitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



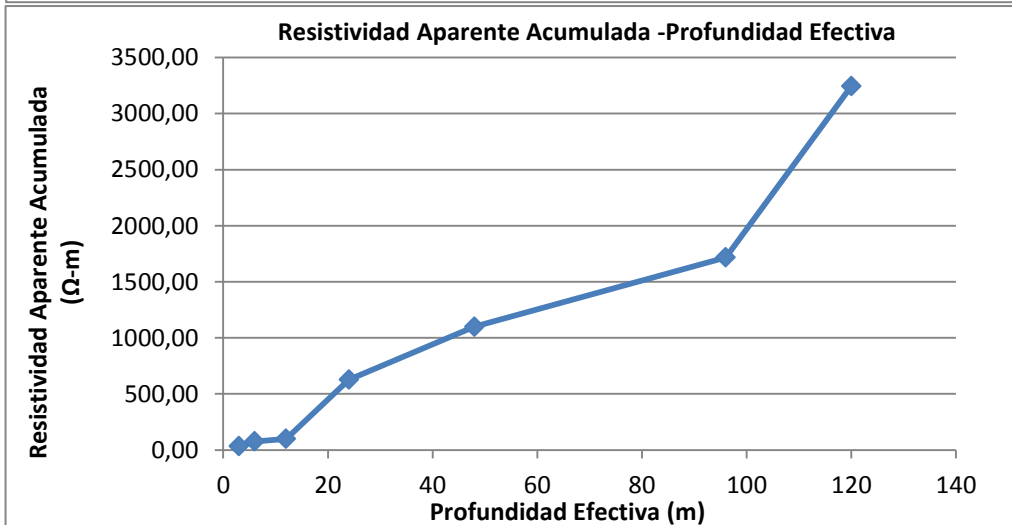
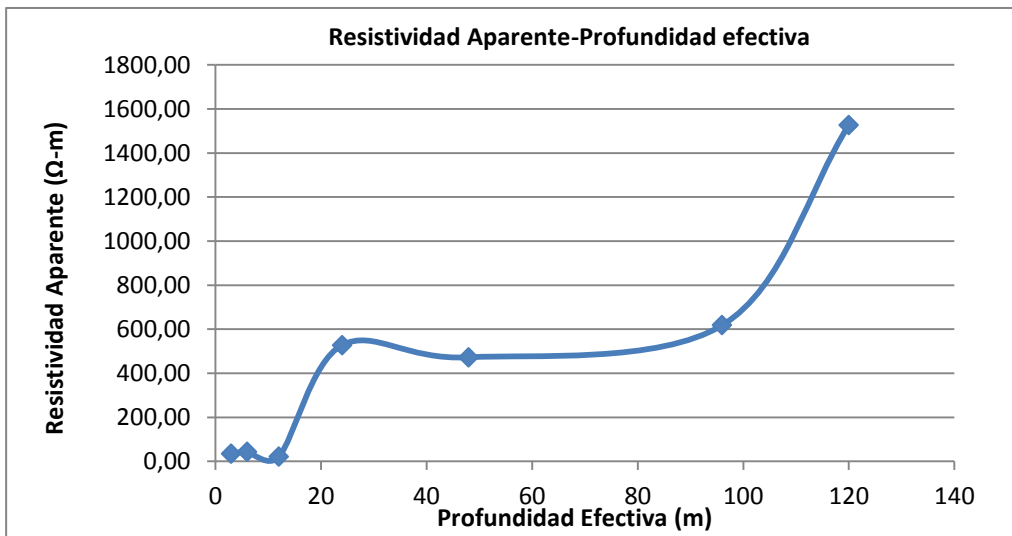


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L6-SEV5

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96004.9
E	80209.8

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R(Ω-m)	ΣR(Ω-m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	55,5	20	34,87	34,87	Limo	Limos
4	6	22,1	13	42,73	77,60	Limo	Limos
8	12	9,1	21	21,78	99,38	Limo	Limos
16	24	10,5	2	527,79	627,17	Materiales granulares	Limos-Arenosos
32	48	32,9	14	472,50	1099,66	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	12,3	8	618,27	1717,93	Limolita	Limolitas
80	120	48,6	16	1526,81	3244,74	Limolita	Limolitas

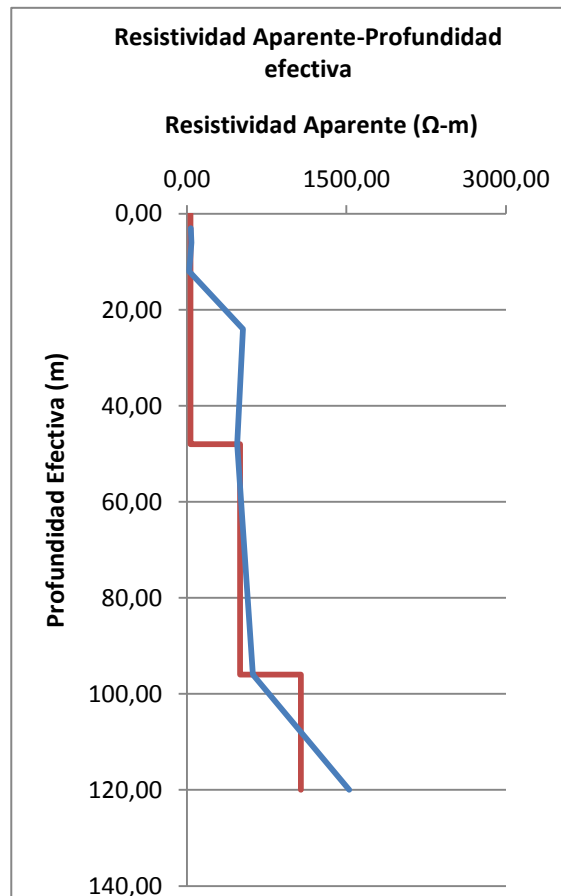




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L6-SEV5

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	48,00	33,13	Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
48,00	96,00	500,14	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	1072,54	Limolitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



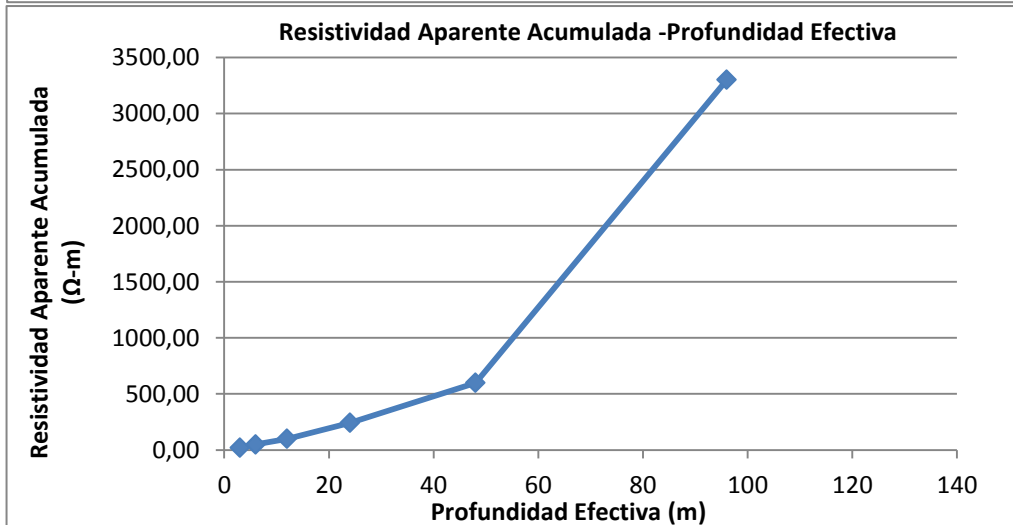
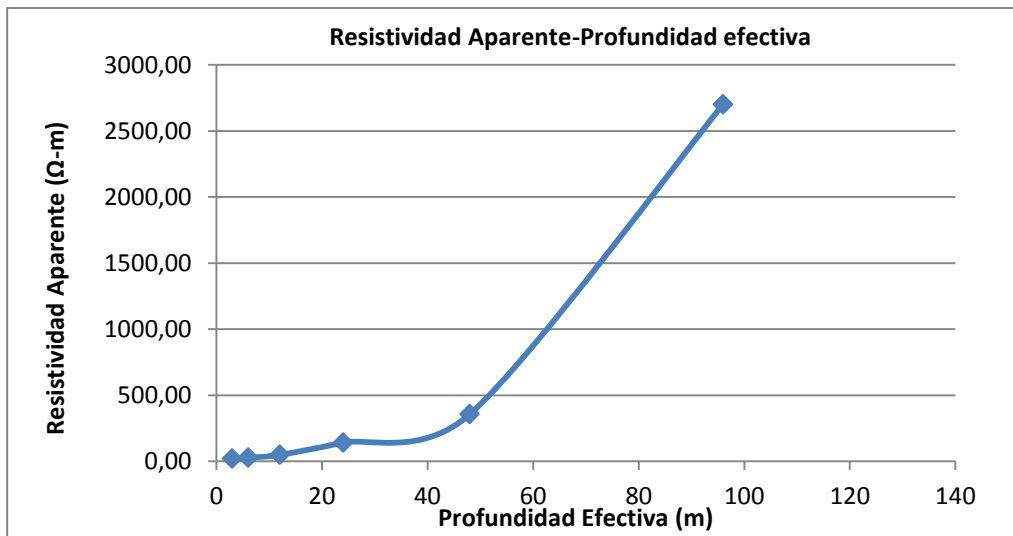


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L6-SEV6

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95749.9
E	80367.7

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R(Ω-m)	ΣR(Ω-m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	16,8	9,9	21,32	21,32	Limo	Limos
4	6	13,2	11,7	28,35	49,68	Limo	Limos
8	12	9,9	10	49,76	99,44	Limo	Limos
16	24	24,8	17,5	142,47	241,91	Limo	Limos
32	48	26,8	15,1	356,85	598,76	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	21,5	3,2	2701,77	3300,53	Limolita	Limolitas
80	120						

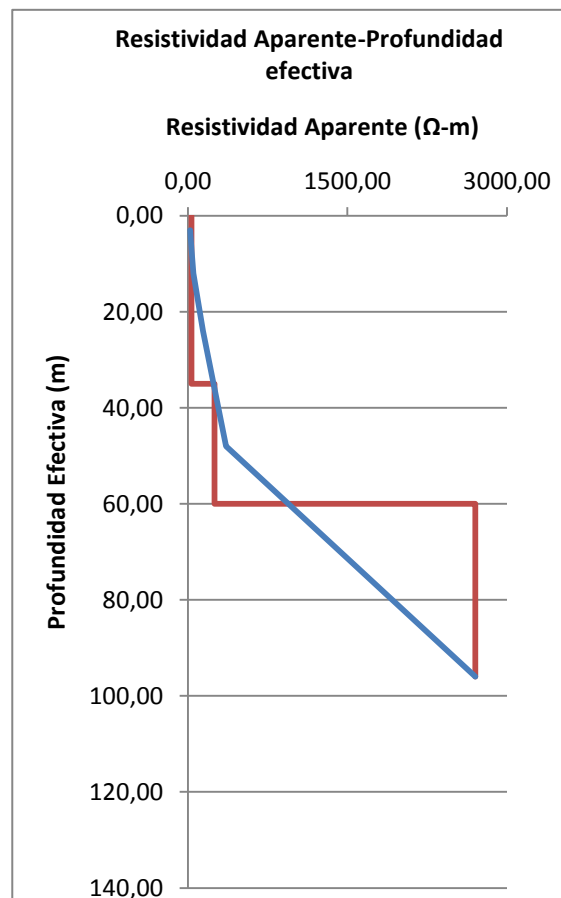




## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

<b>PROYECTO</b>	Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas
<b>LOCALIZACIÓN</b>	Hacienda Canoas. Soacha. Cund
<b>SONDEO</b>	L6-SEV6

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	35,00	33,15	Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
35,00	60,00	249,66	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
60,00	96,00	2701,77	Limolitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)





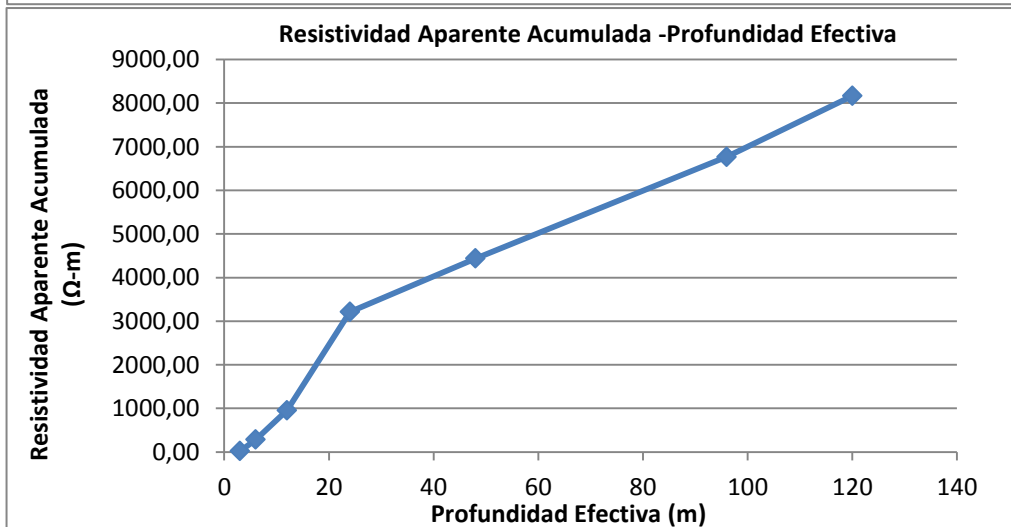
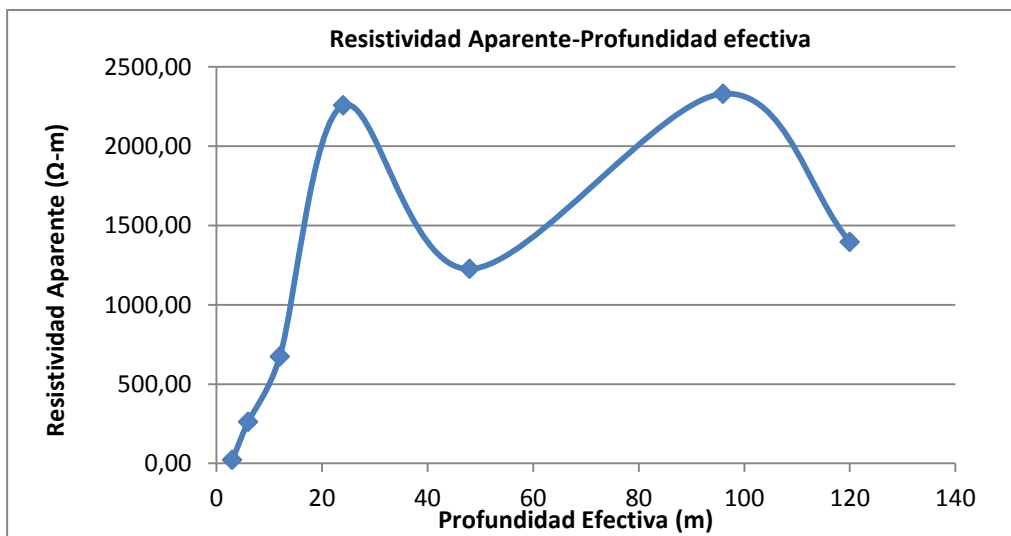


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L6-SEV7

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95494.8
E	80525.6

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	8,8	5	22,12	22,12	Limo	Limos
4	6	41,7	4	262,01	284,13	Materiales granulares	Limos-Arenosos
8	12	48,2	3,6	673,00	957,12	Materiales granulares	Limos-Arenosos
16	24	40,4	1,8	2256,36	3213,49	Materiales granulares	Limos-Arenosos
32	48	12,8	2,1	1225,52	4439,01	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	22,6	3,9	2330,26	6769,26	Limolita	Limolitas
80	120	5	1,8	1396,26	8165,53	Limolita	Limolitas

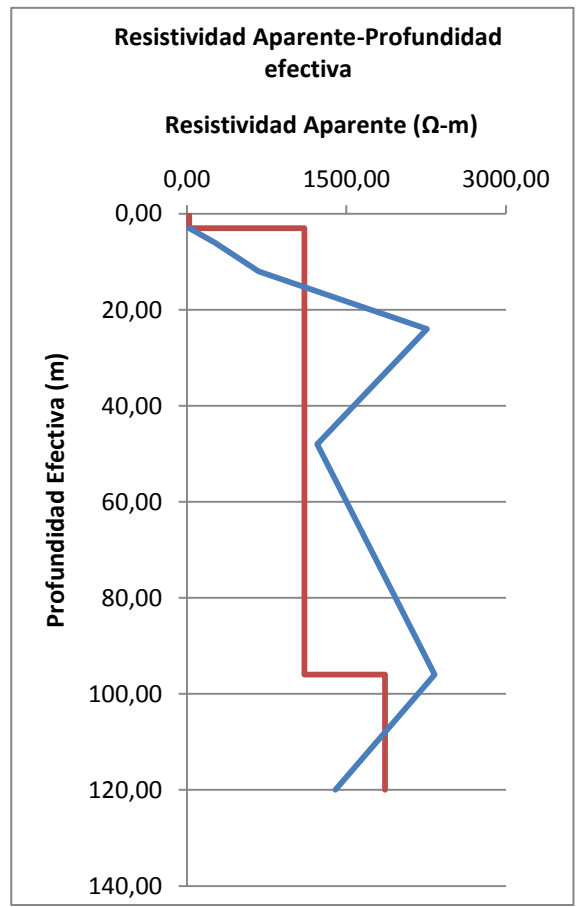




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L6-SEV7

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	3,00	22,12	Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
3,00	96,00	1104,22	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	1863,26	Limolitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



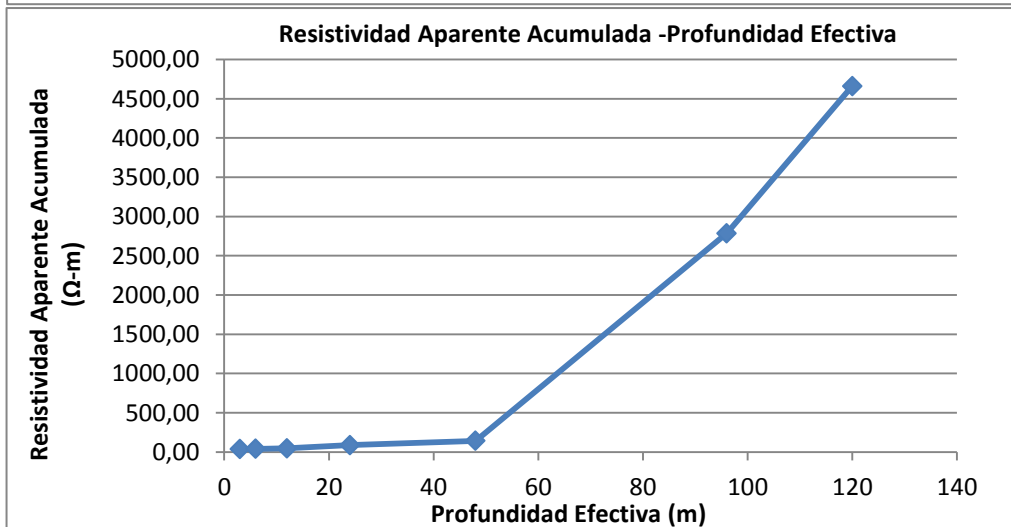
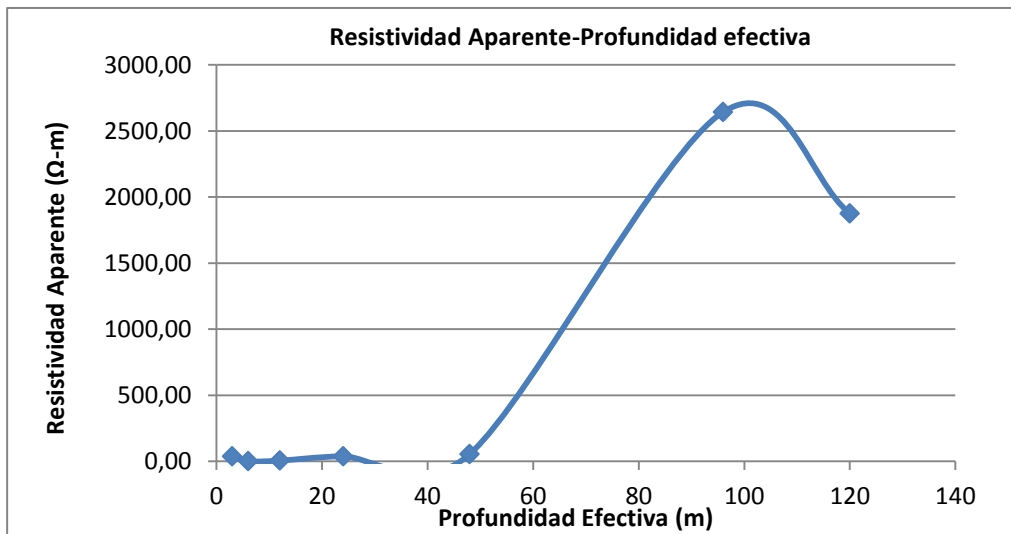


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L7-SEV1

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96818.7
E	80683.5

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	12,6	4	39,58	39,58	Limo	Limos
4	6	2,53	49,2	1,29	40,88	Arcilla	Arcillas
8	12	3,63	29,4	6,21	47,08	Arcilla	Arcillas
16	24	23,4	59,3	39,67	86,75	Limo	Limos
32	48	16,95	61	55,87	142,62	Limo	Limos
64	96	24,32	3,7	2643,15	2785,77	Limolita	Limolitas
80	120	35,07	9,4	1875,33	4661,10	Limolita	Limolitas

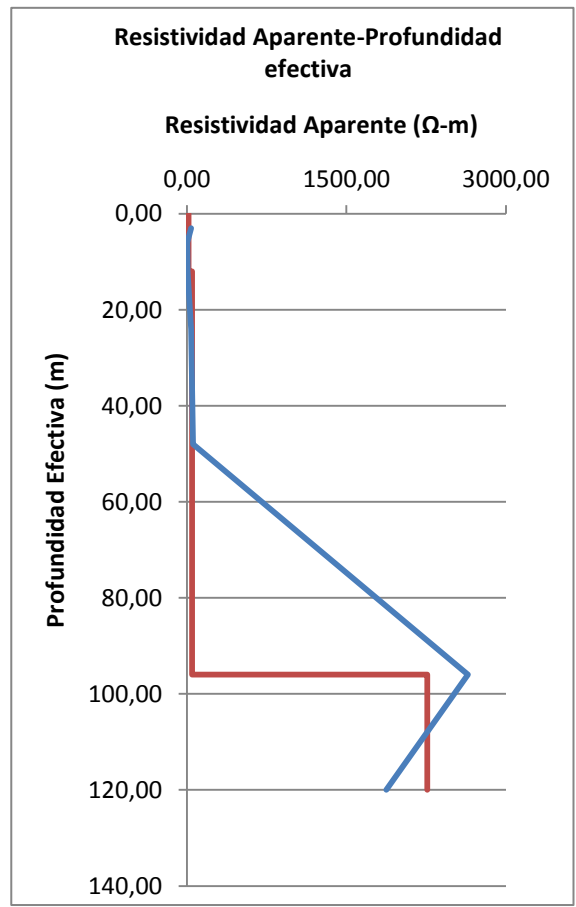




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L7-SEV1

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	12,00	15,69	Arcillas de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
12,00	96,00	47,77	Limos de humedad media, plasticidad media, consistencia media a alta
96,00	120,00	2259,24	Limolitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



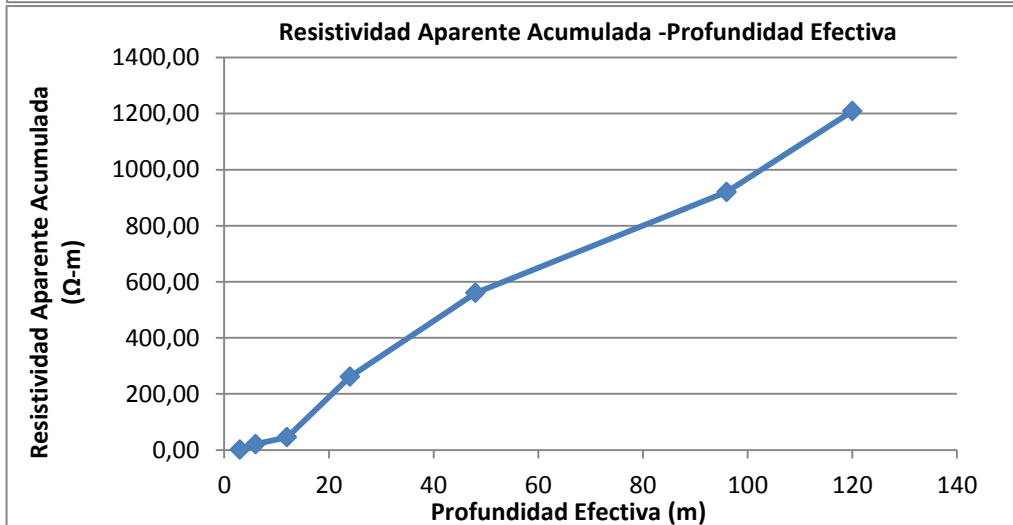
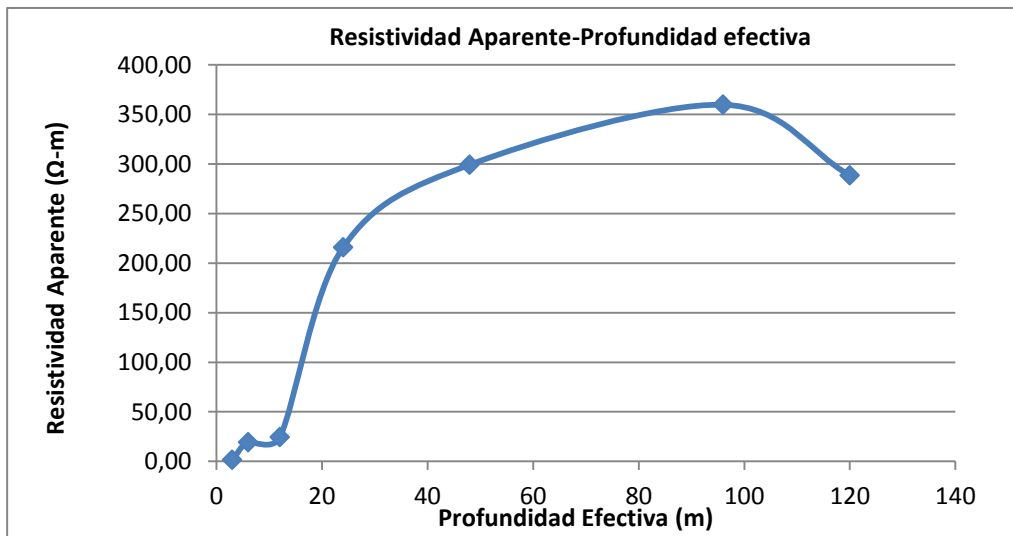


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L7-SEV2

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96563.7
E	80341.4

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R(Ω-m)	ΣR(Ω-m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	4,1	31,6	1,63	1,63	Arcilla	Arcillas
4	6	20	25,9	19,41	21,04	Arcilla	Arcillas
8	12	14	28,9	24,35	45,39	Limo	Limos
16	24	34,8	16,2	215,96	261,34	Materiales granulares	Arenas
32	48	38,1	25,6	299,24	560,58	Materiales granulares	Arenas
64	96	24,6	27,5	359,72	920,30	Lutita	Lutitas
80	120	29,5	51,4	288,49	1208,79	Lutita	Lutitas

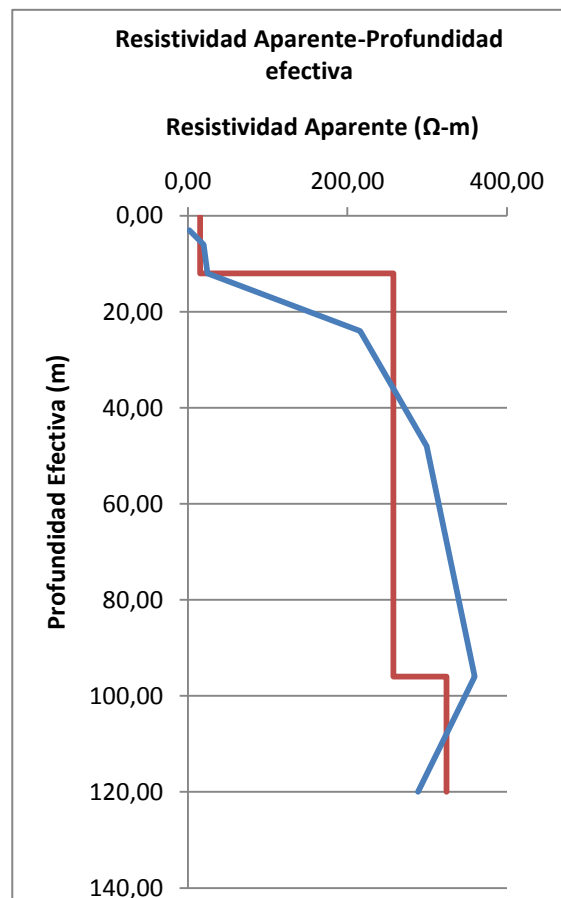




## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

<b>PROYECTO</b>	Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas
<b>LOCALIZACIÓN</b>	Hacienda Canoas. Soacha. Cund
<b>SONDEO</b>	L7-SEV2

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	12,00	15,13	Arcillas y Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
12,00	96,00	257,60	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	324,10	Lutitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



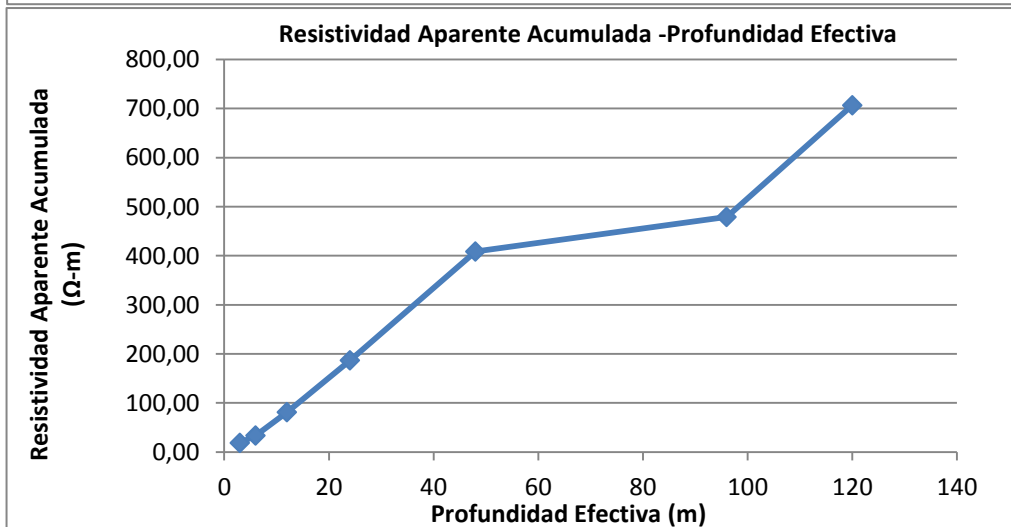
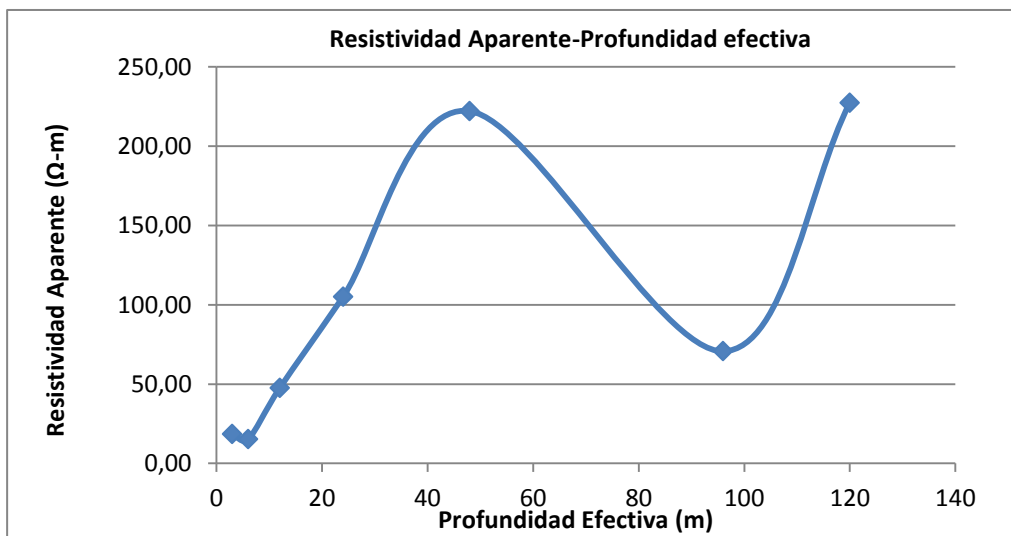


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L7-SEV3

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96308.6
E	80999.4

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	45,5	30,98	18,46	18,46	Arcilla	Arcillas
4	6	21,5	35,4	15,26	33,72	Arcilla	Arcillas
8	12	15,8	16,7	47,56	81,28	Limo	Limos
16	24	25,4	24,3	105,08	186,36	Limo	Limos
32	48	10,9	9,87	222,04	408,40	Materiales granulares	Arenas
64	96	4,5	25,6	70,69	479,09	Lutita	Lutitas
80	120	15,7	34,7	227,43	706,51	Lutita	Lutitas

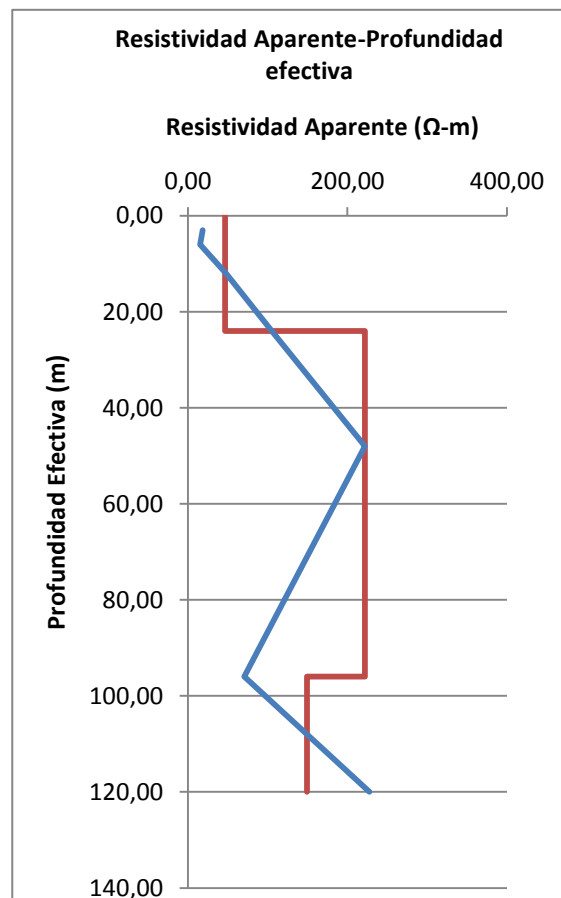




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L7-SEV3

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	46,59	Arcillas y Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	96,00	222,04	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	149,06	Lutitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)





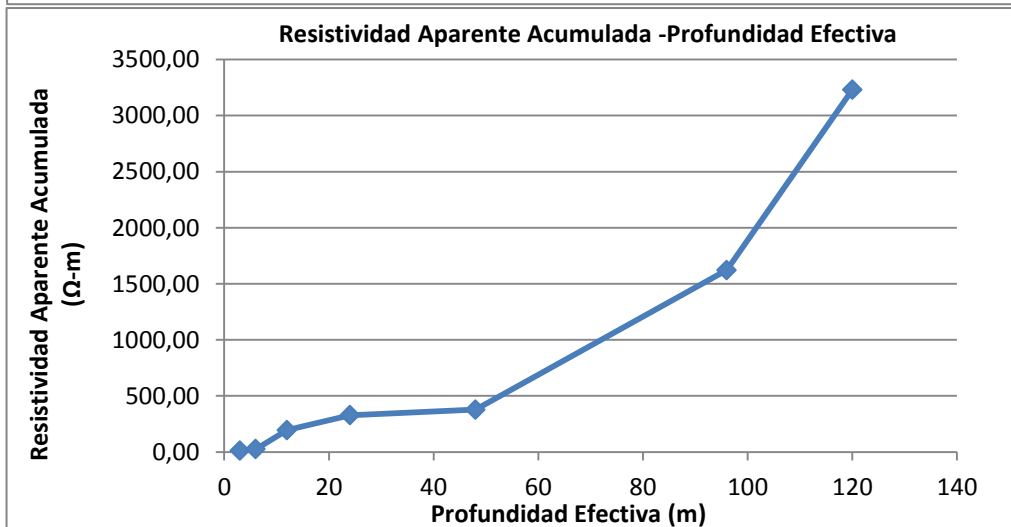
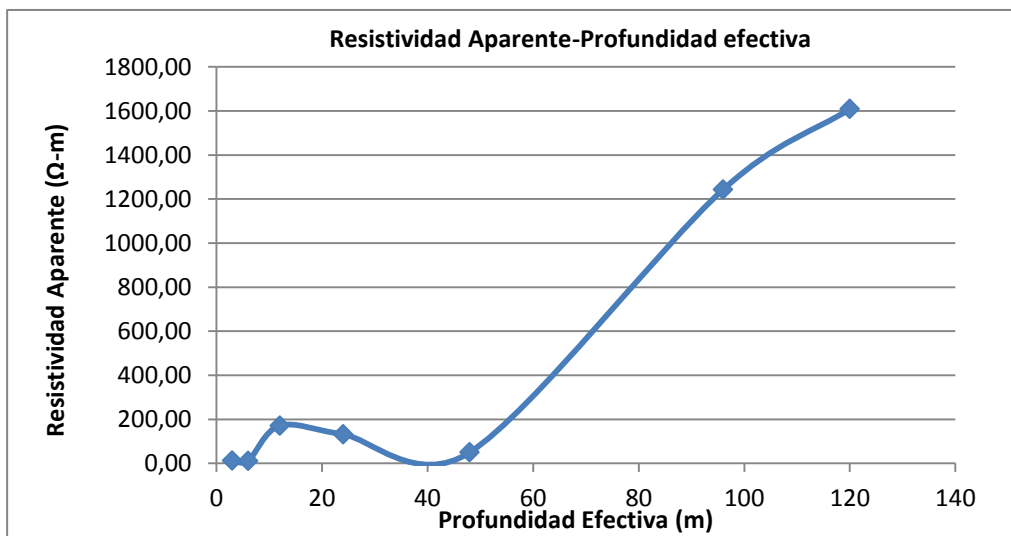


ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER

PROYECTO Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
LOCALIZACIÓN Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
SONDEO L7-SEV4

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96053.5
E	80003.3

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	5,3	5	13,32	13,32	Arcilla	Arcillas
4	6	2,3	5	11,56	24,88	Arcilla	Arcillas
8	12	13,6	4	170,90	195,78	Limo	Limos
16	24	9,2	7	132,13	327,91	Limo	Limos
32	48	1	4	50,27	378,18	Limo	Limos
64	96	30,3	9,8	1243,30	1621,48	Limolita	Limolitas
80	120	6,4	2	1608,50	3229,97	Limolita	Limolitas

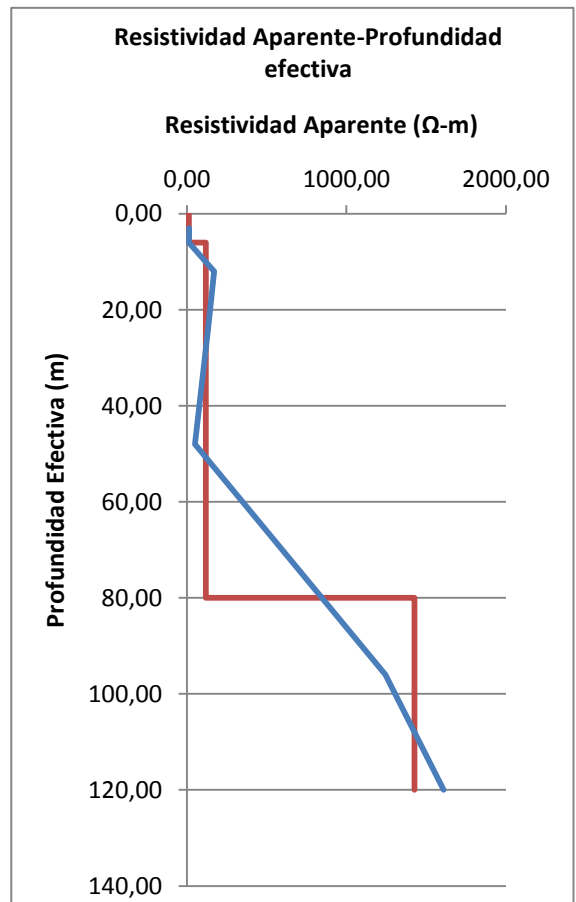




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L7-SEV4

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	6,00	12,44	Arcillas de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
6,00	80,00	117,76	Limos de humedad media, plasticidad media, consistencia media a alta
80,00	120,00	1425,90	Limolitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



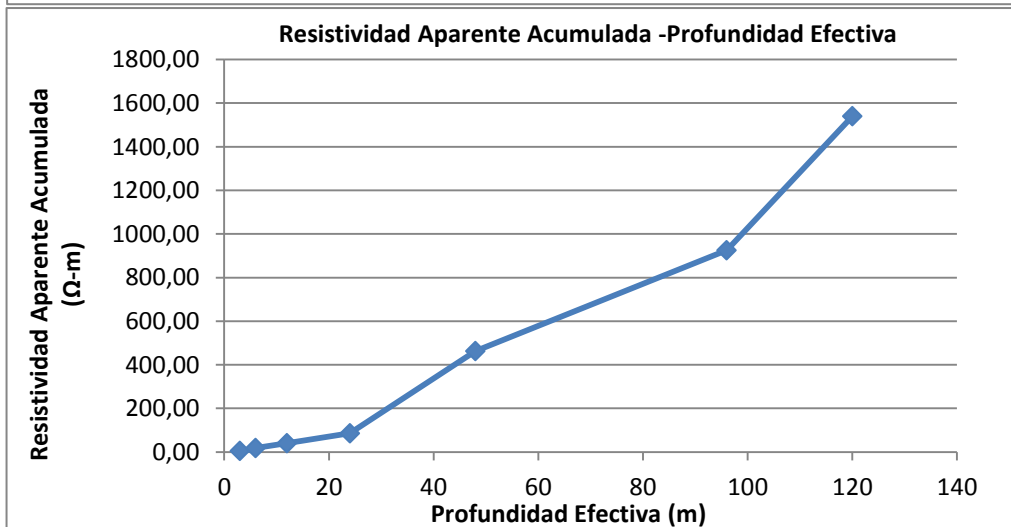
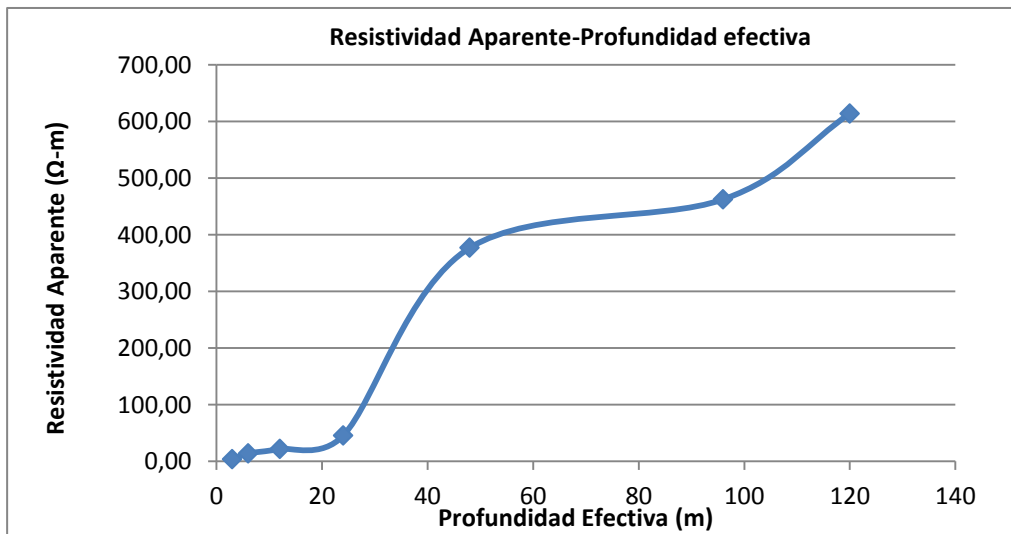


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L7-SEV5

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95811.7
E	80627.7

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	9,2	28	4,13	4,13	Arcilla	Arcillas
4	6	19,5	35	14,00	18,13	Arcilla	Arcillas
8	12	18,8	43	21,98	40,11	Limo	Limos
16	24	18,1	40	45,49	85,60	Limo	Limos
32	48	15	8	376,99	462,59	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	13,8	12	462,44	925,03	Lutita	Lutitas
80	120	17,1	14	613,96	1538,99	Limolita	Limolitas

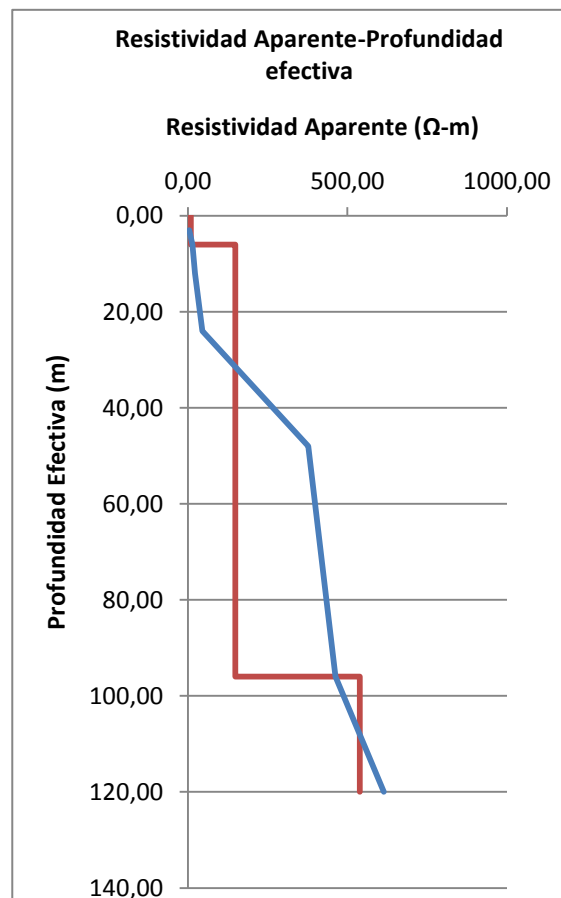




## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

<b>PROYECTO</b>	Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas
<b>LOCALIZACIÓN</b>	Hacienda Canoas. Soacha. Cund
<b>SONDEO</b>	L7-SEV5

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	6,00	9,07	Arcillas de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
6,00	96,00	148,15	Limos de humedad media, plasticidad media, consistencia media a alta
96,00	120,00	538,20	Limolitas y Lutitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



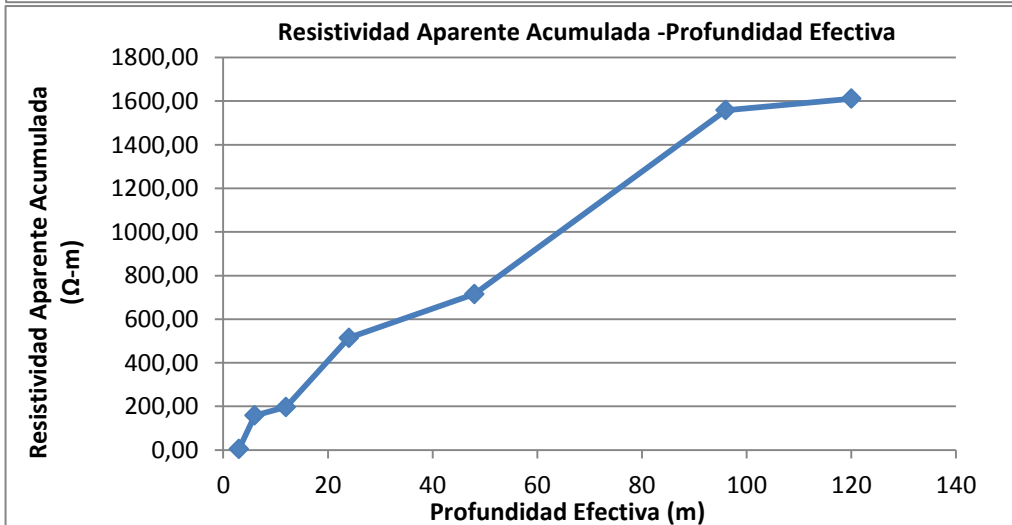
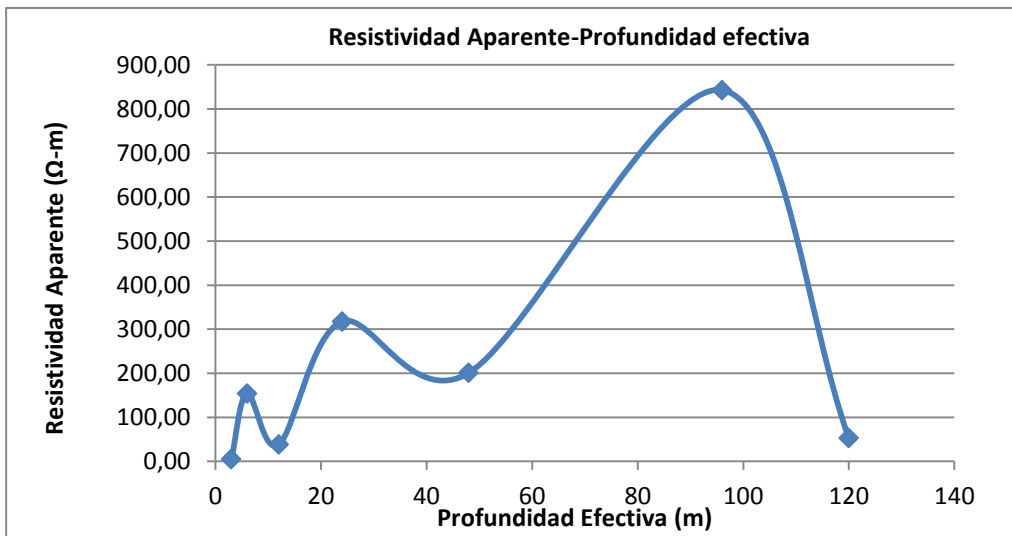


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L8-SEV1

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96612.2
E	80161.2

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R(Ω-m)	ΣR(Ω-m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	10,5	26,4	5,00	5,00	Arcilla	Arcillas
4	6	59,3	9,7	153,65	158,64	Limo	Limos
8	12	17,7	23,1	38,52	197,16	Limo	Limos
16	24	22,1	7	317,39	514,55	Materiales granulares	Limos-Arenosos
32	48	0,1	0,1	201,06	715,61	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	4,4	2,1	842,55	1558,16	Limolita	Limolitas
80	120	0,2	1,9	52,91	1611,07	Lutita	Lutitas

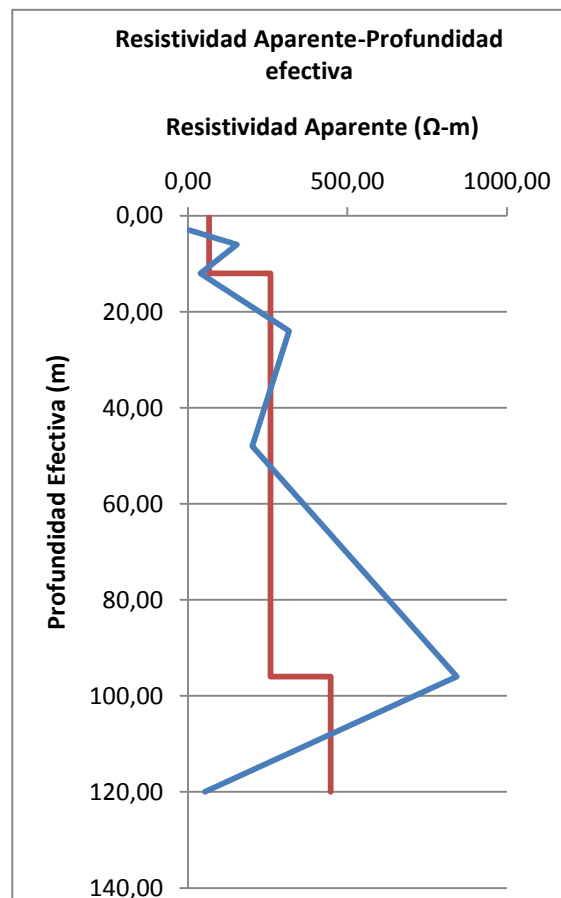




## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

<b>PROYECTO</b>	Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas
<b>LOCALIZACIÓN</b>	Hacienda Canoas. Soacha. Cund
<b>SONDEO</b>	L8-SEV1

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	12,00	65,72	Arcillas y Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
12,00	96,00	259,23	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	447,73	Limolitas y Lutitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



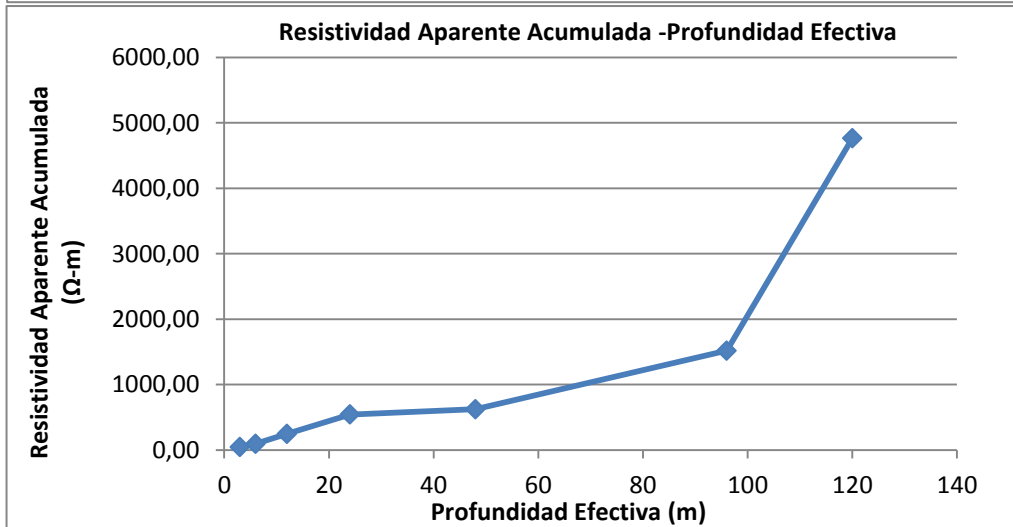
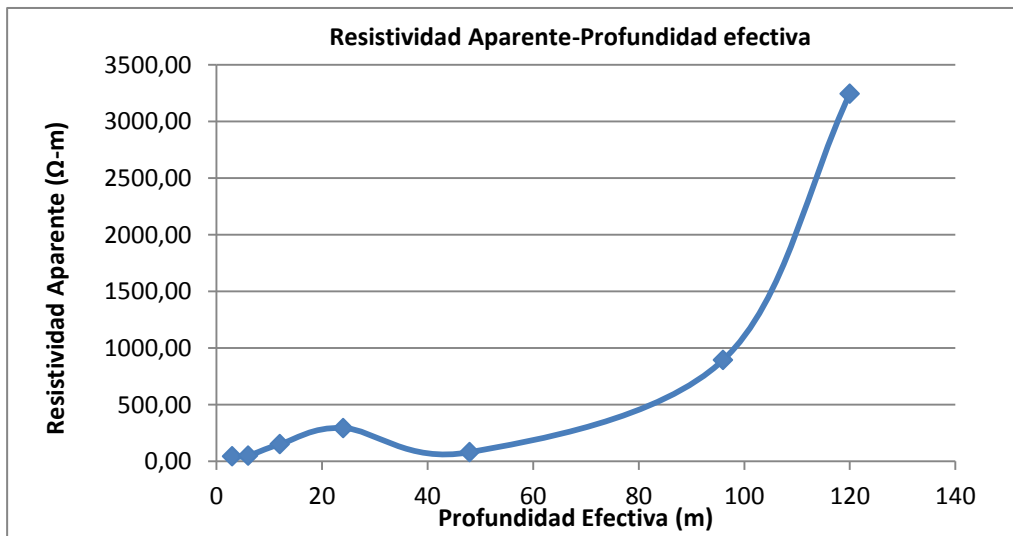


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L8-SEV2

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96357.2
E	80319.1

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R(Ω-m)	ΣR(Ω-m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	48,9	13,7	44,85	44,85	Limo	Limos
4	6	24,7	12,2	50,88	95,74	Limo	Limos
8	12	35,2	11,7	151,23	246,96	Limo	Limos
16	24	52,2	17,8	294,82	541,78	Materiales granulares	Limos-Arenosos
32	48	4,5	11,1	81,51	623,29	Limo	Limos-Arenosos
64	96	38,5	17,3	894,90	1518,19	Limolita	Limolitas
80	120	29,7	4,6	3245,40	4763,59	Limolita	Limolitas

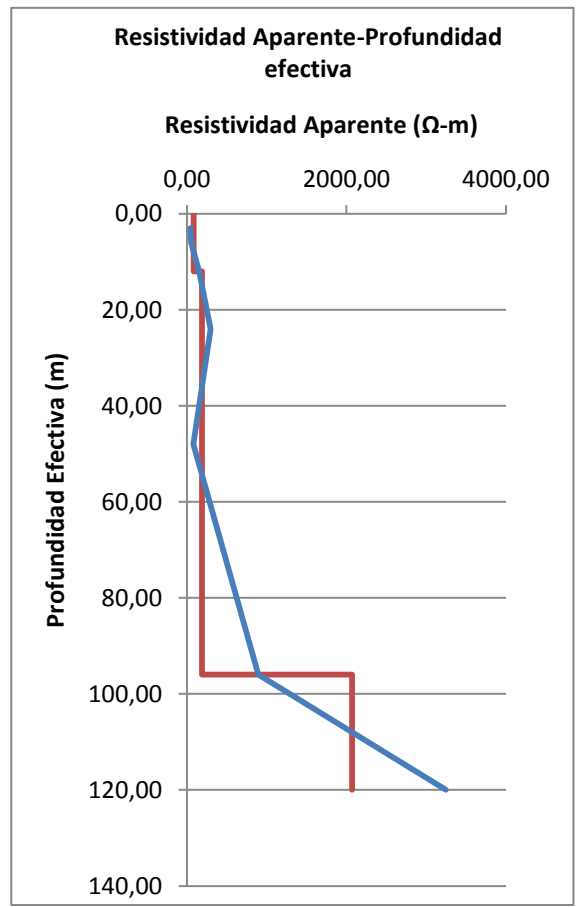




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L8-SEV2

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	12,00	82,32	Arcillas y Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
12,00	96,00	188,16	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	2070,15	Limolitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)





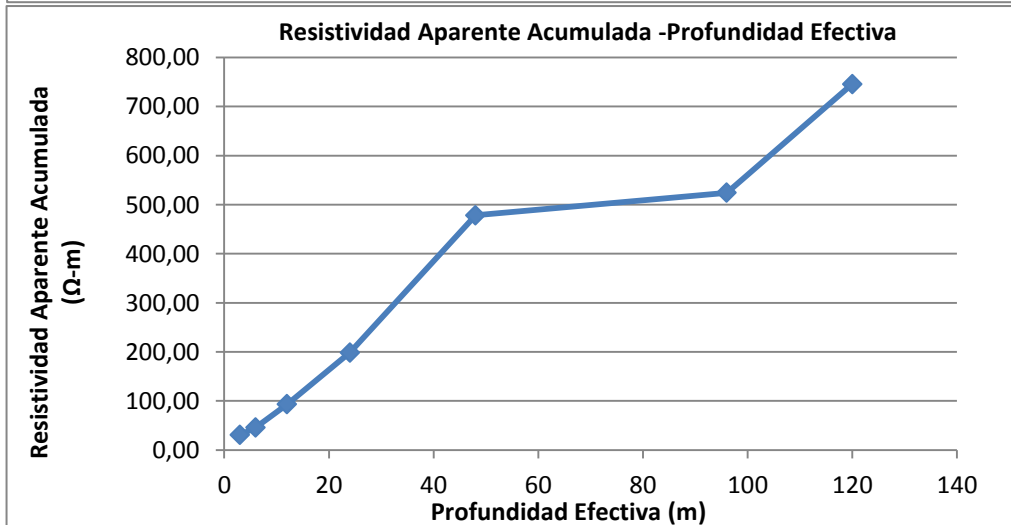
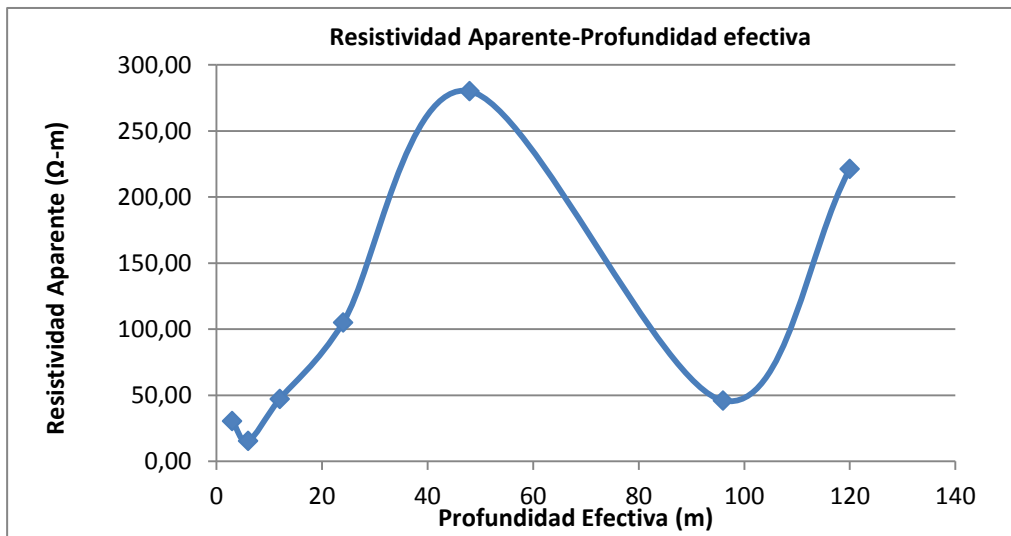


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L8-SEV3

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96102.1
E	80477.0

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	45,5	18,72	30,54	30,54	Limo	Limos
4	6	23,2	37,5	15,55	46,09	Arcilla	Arcillas
8	12	17,3	18,4	47,26	93,35	Limo	Limos
16	24	23,1	22,1	105,08	198,43	Limo	Limos
32	48	11,6	8,33	279,99	478,42	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	3,1	27,1	46,00	524,42	Lutita	Lutitas
80	120	13,6	30,9	221,23	745,66	Lutita	Lutitas

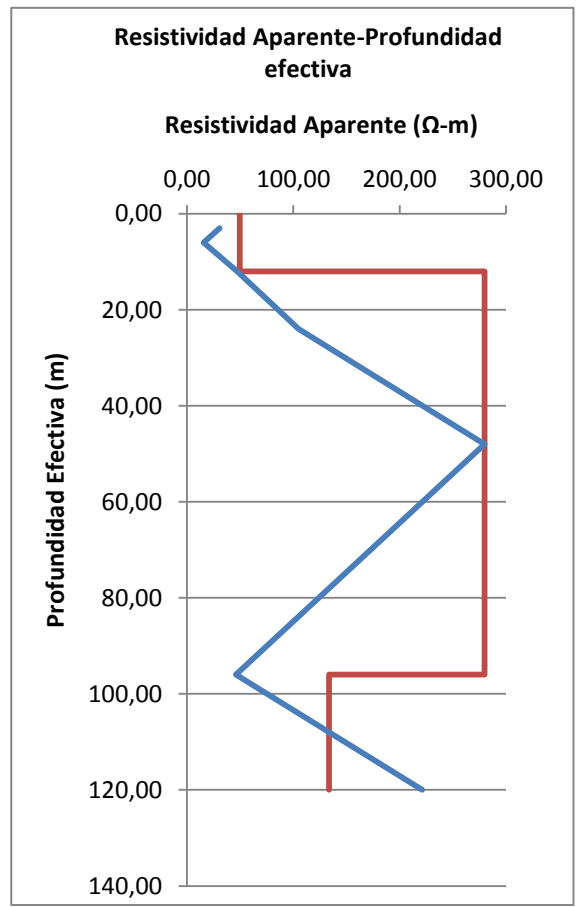




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L8-SEV3

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	12,00	49,61	Arcillas y Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
12,00	96,00	279,99	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	133,62	Lutitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



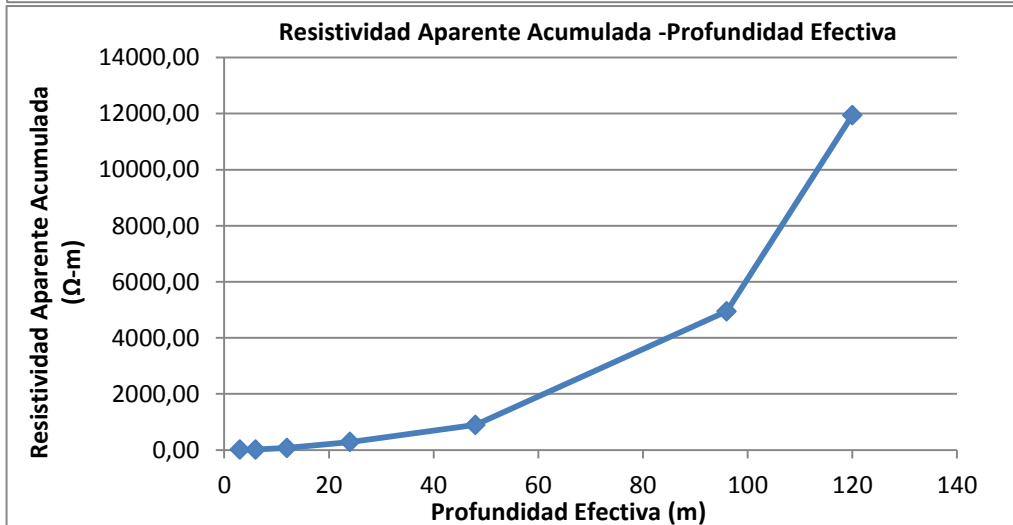
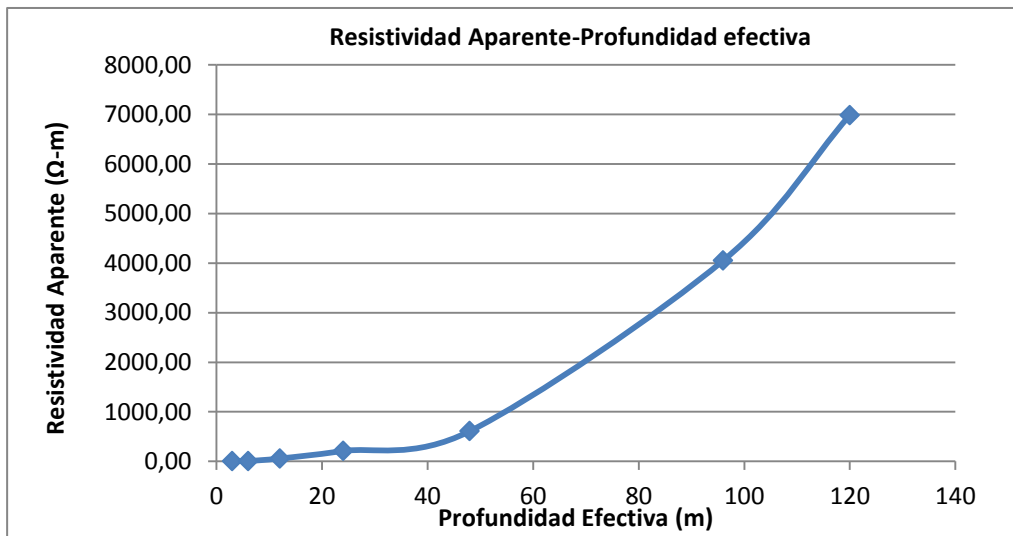


ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER

PROYECTO Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
LOCALIZACIÓN Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
SONDEO L8-SEV4

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95847.0
E	80626.7

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	12,5	18	8,73	8,73	Arcilla	Arcillas
4	6	8,8	26	8,51	17,23	Arcilla	Arcillas
8	12	35	30	58,64	75,88	Limo	Limos
16	24	65,2	31	211,44	287,32	Materiales granulares	Limos-Arenosos
32	48	115,2	38	609,54	896,85	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	120,9	12	4051,40	4948,25	Limolita	Limolitas
80	120	139	10	6986,90	11935,15	Limolita	Limolitas

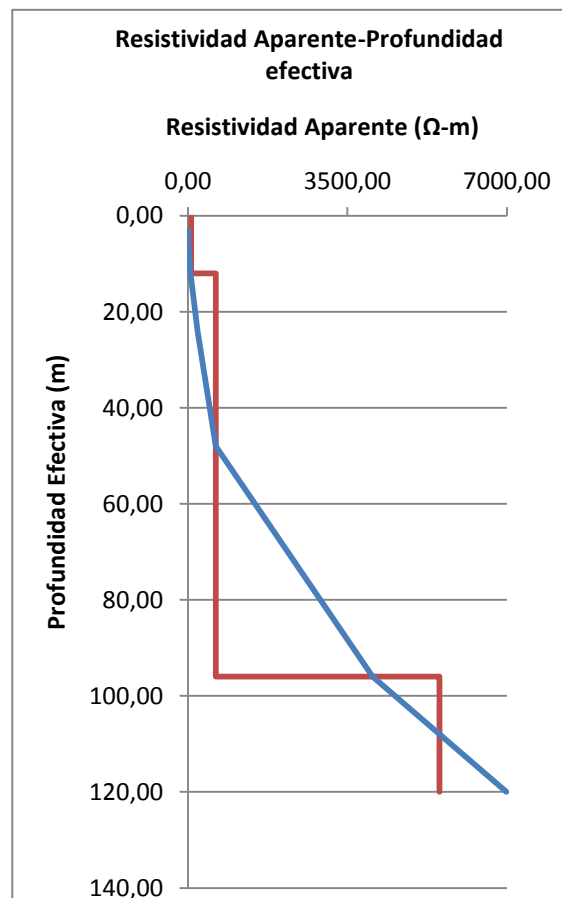




## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

<b>PROYECTO</b>	Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas
<b>LOCALIZACIÓN</b>	Hacienda Canoas. Soacha. Cund
<b>SONDEO</b>	L8-SEV4

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	12,00	71,83	Arcillas y Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
12,00	96,00	609,54	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	5519,15	Limolitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



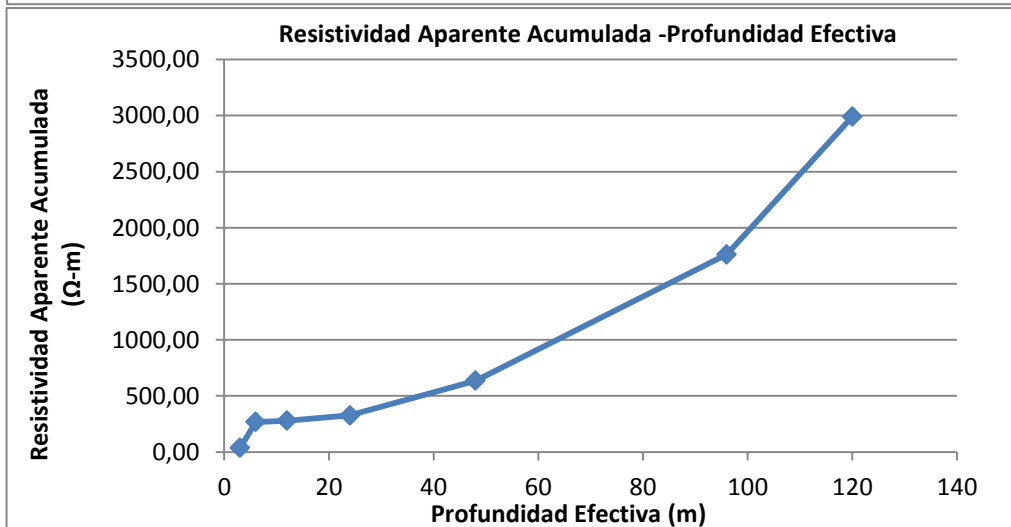
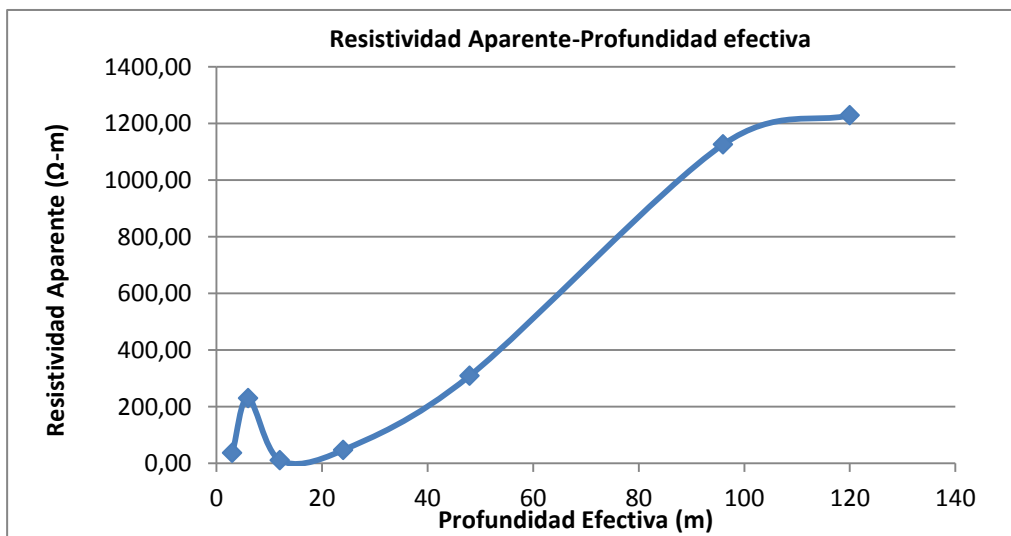


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L9-SEV1

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96405.6
E	79954.7

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	12	4	37,70	37,70	Limo	Limos
4	6	18,3	2	229,96	267,66	Materiales granulares	Limos-Arenosos
8	12	0,7	3	11,73	279,39	Arcilla	Arcillas
16	24	7	15	46,91	326,31	Limo	Limos
32	48	15,4	10	309,64	635,94	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	14	5	1125,95	1761,89	Limolita	Limolitas
80	120	2,2	0,9	1228,71	2990,60	Limolita	Limolitas

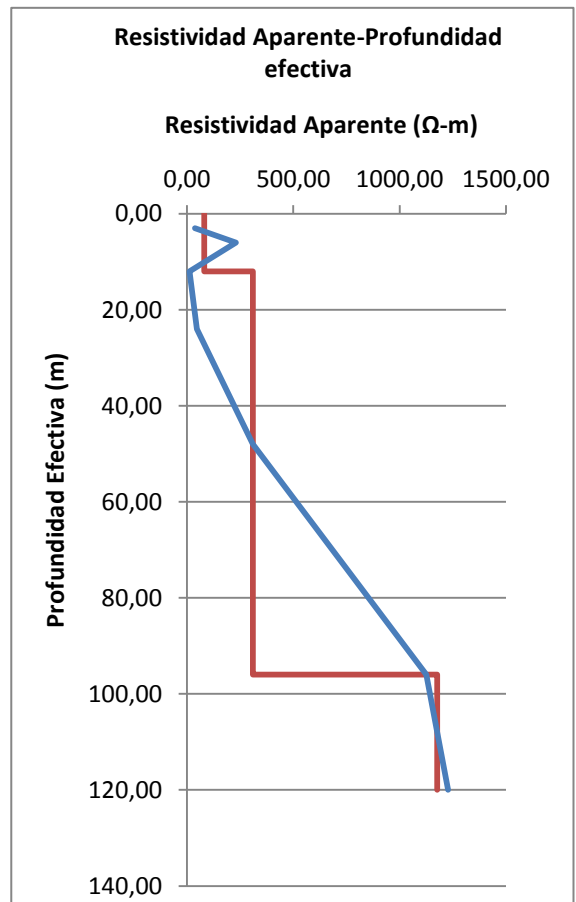




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L9-SEV1

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	12,00	81,58	Arcillas y Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
12,00	96,00	309,64	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	1177,33	Limolitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



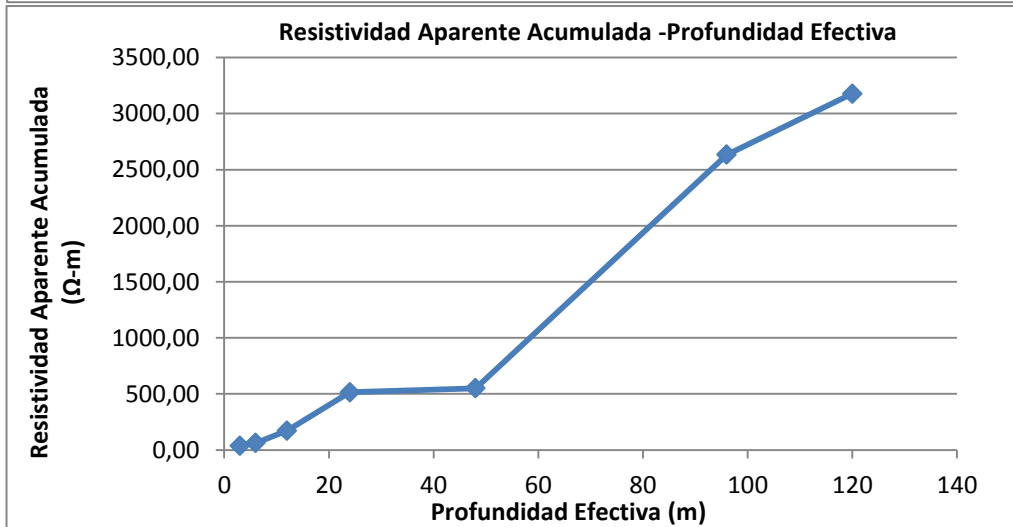
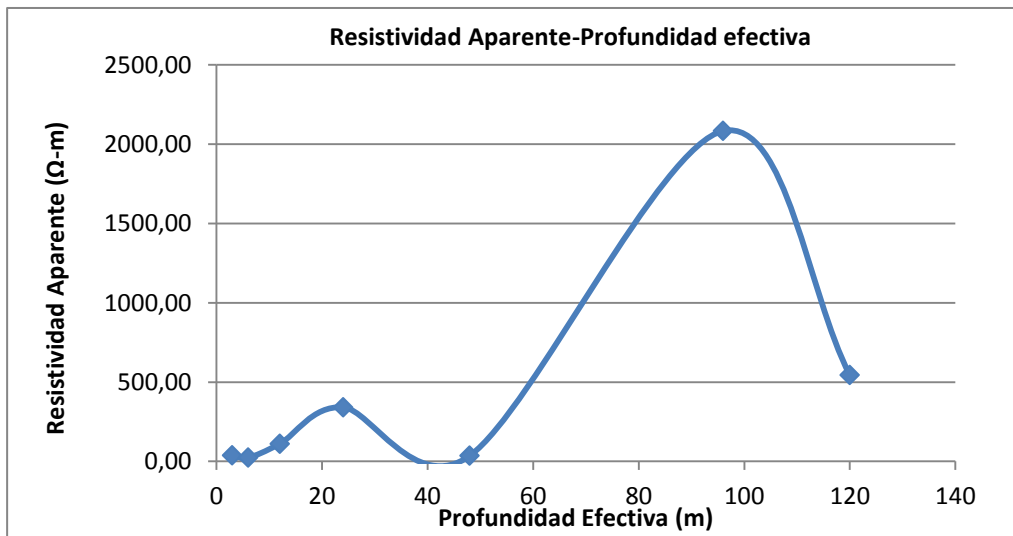


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L9-SEV2

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96150.5
E	80112.6

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	9,1	3	38,12	38,12	Limo	Limos
4	6	22	23	24,04	62,16	Limo	Limos
8	12	26,5	12	111,00	173,16	Limo	Limos
16	24	50,9	15	341,14	514,30	Materiales granulares	Limos-Arenosos
32	48	5,2	29	36,05	550,35	Limo	Limos
64	96	51,8	10	2083,00	2633,35	Limolita	Limolitas
80	120	23,8	22	543,78	3177,13	Limolita	Limolitas

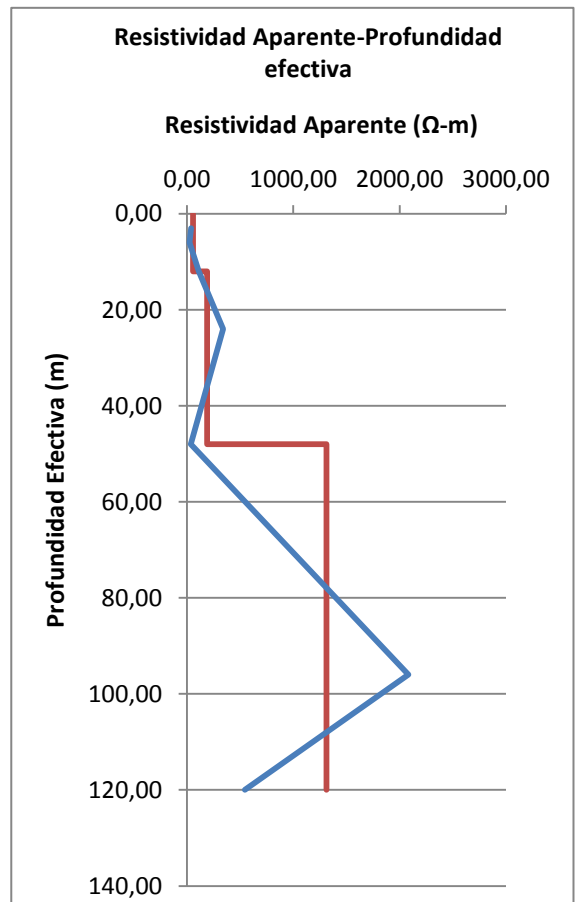




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L9-SEV2

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	12,00	57,72	Arcillas y Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
12,00	48,00	188,59	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
48,00	120,00	1313,39	Limolitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)





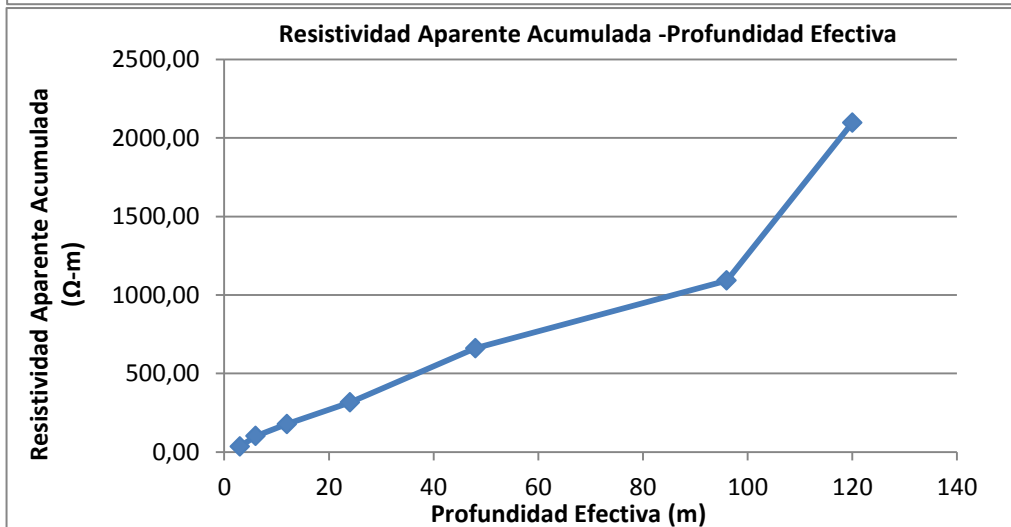
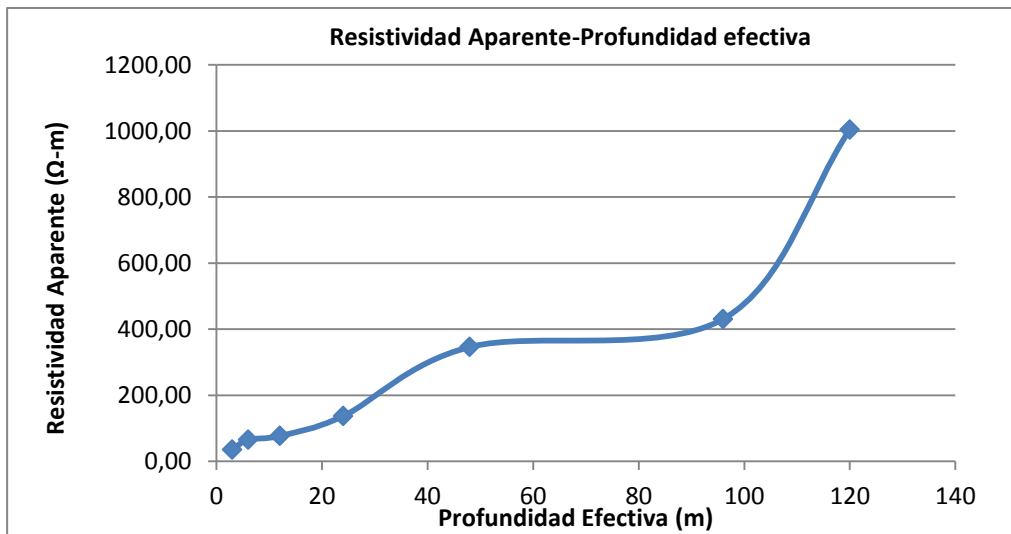


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L9-SEV3

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95895.6
E	80270.5

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	10	3,5	35,90	35,90	Limo	Limos
4	6	12,5	4,8	65,45	101,35	Limo	Limos
8	12	2,3	1,5	77,07	178,43	Limo	Limos
16	24	1,5	1,1	137,09	315,52	Limo	Limos
32	48	13,6	7,9	346,13	661,65	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	4,5	4,2	430,85	1092,49	Lutita	Lutitas
80	120	87,3	43,7	1004,16	2096,65	Limolita	Limolitas

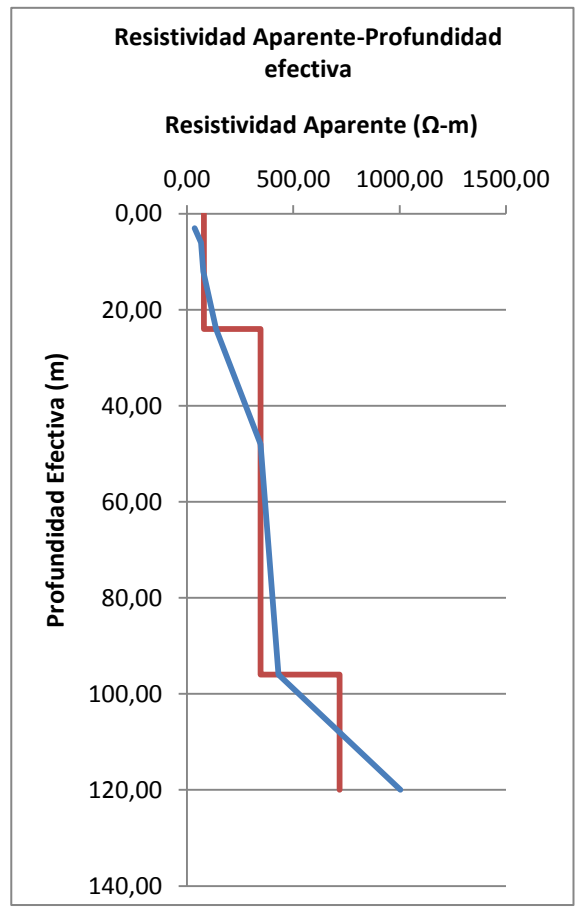




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L9-SEV3

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	78,88	Arcillas y Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	96,00	346,13	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	717,50	Limolitas y Lutitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



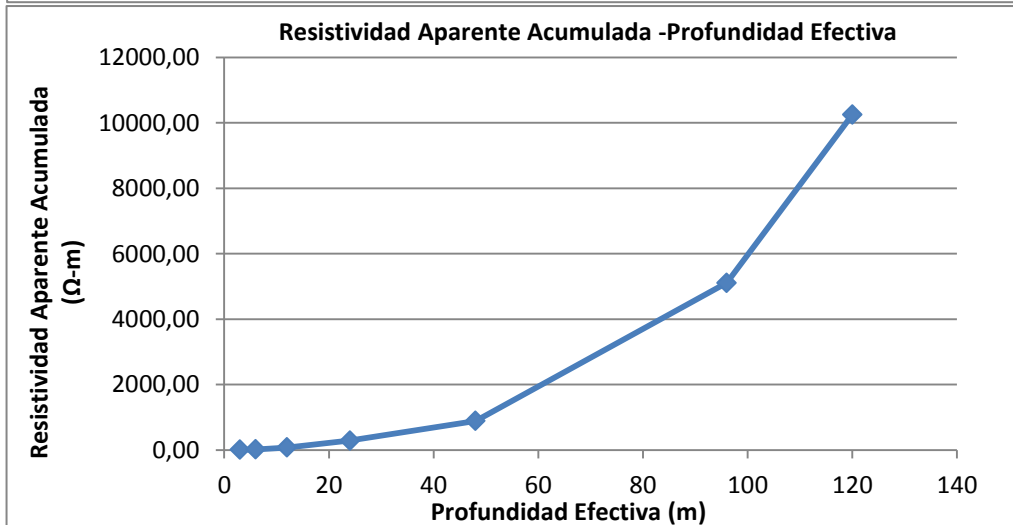
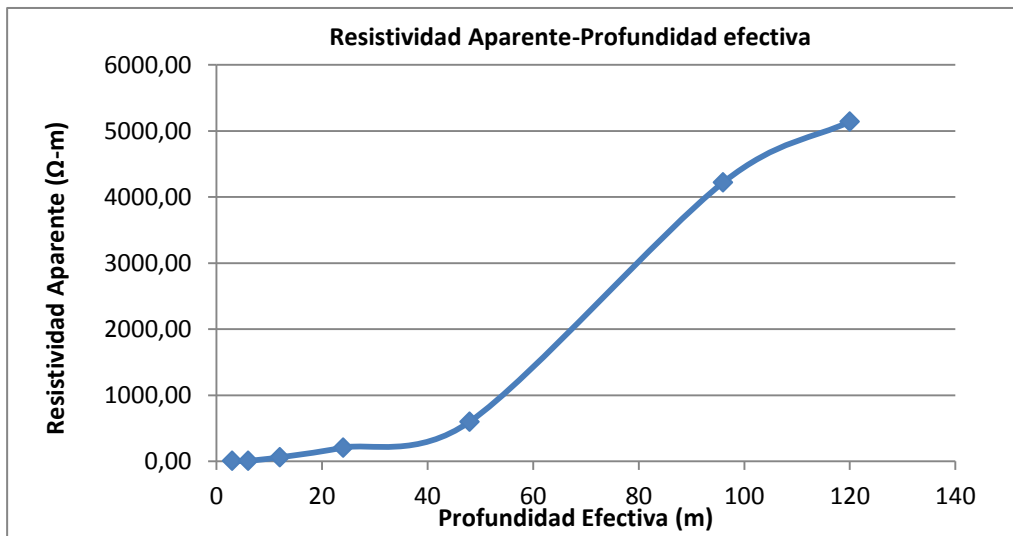


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L9-SEV4

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95653.8
E	80428.5

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	11,4	17	8,43	8,43	Arcilla	Arcillas
4	6	9,8	27	9,12	17,55	Arcilla	Arcillas
8	12	34,7	27,9	62,52	80,07	Limo	Limos
16	24	66,5	32	208,92	288,98	Materiales granulares	Limos-Arenosos
32	48	116,7	39	601,64	890,62	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	122,8	11,7	4220,58	5111,20	Limolita	Limolitas
80	120	143,2	14	5141,44	10252,64	Limolita	Limolitas

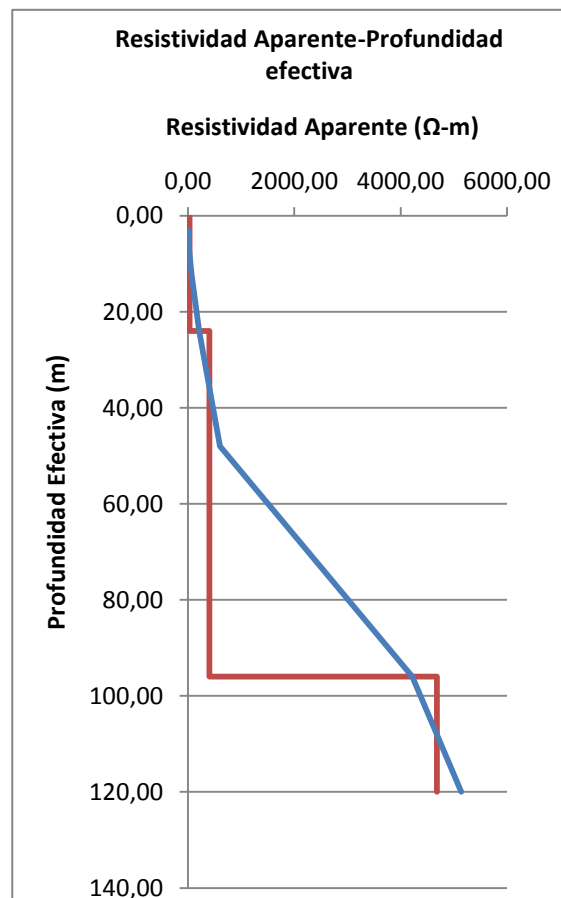




## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

PROYECTO	Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas
LOCALIZACIÓN	Hacienda Canoas. Soacha. Cund
SONDEO	L9-SEV4

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	26,69	Arcillas y Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	96,00	405,28	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	4681,01	Limolitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



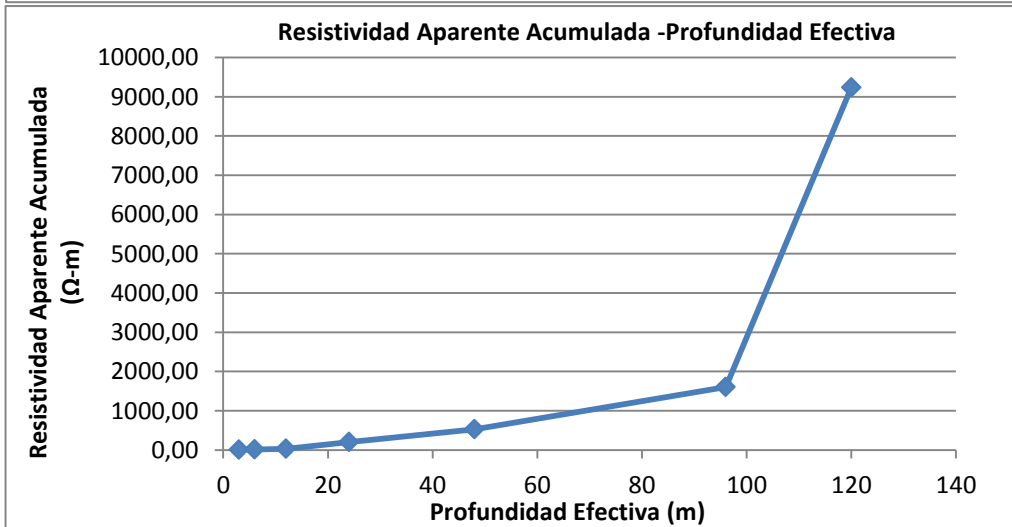
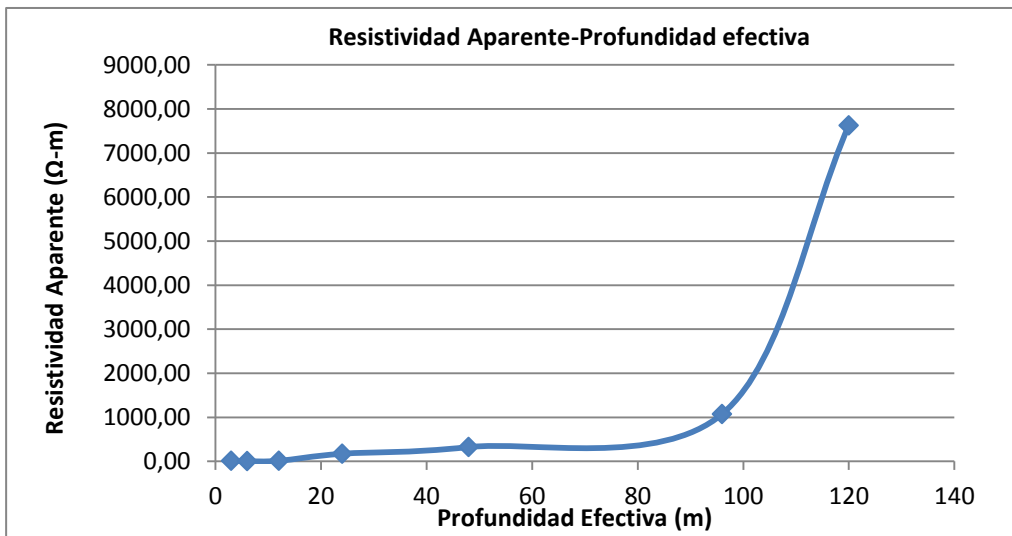


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L10-SEV1

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	96175.2
E	79927.6

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R(Ω-m)	ΣR(Ω-m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	17,1	17	12,64	12,64	Arcilla	Arcillas
4	6	4,4	27	4,10	16,74	Arcilla	Arcillas
8	12	4,4	16	13,82	30,56	Arcilla	Arcillas
16	24	6,9	4	173,42	203,97	Limo	Limos
32	48	37,2	23	325,20	529,17	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	64,3	24	1077,36	1606,53	Limolita	Limolitas
80	120	60,7	4	7627,79	9234,31	Limolita	Limolitas

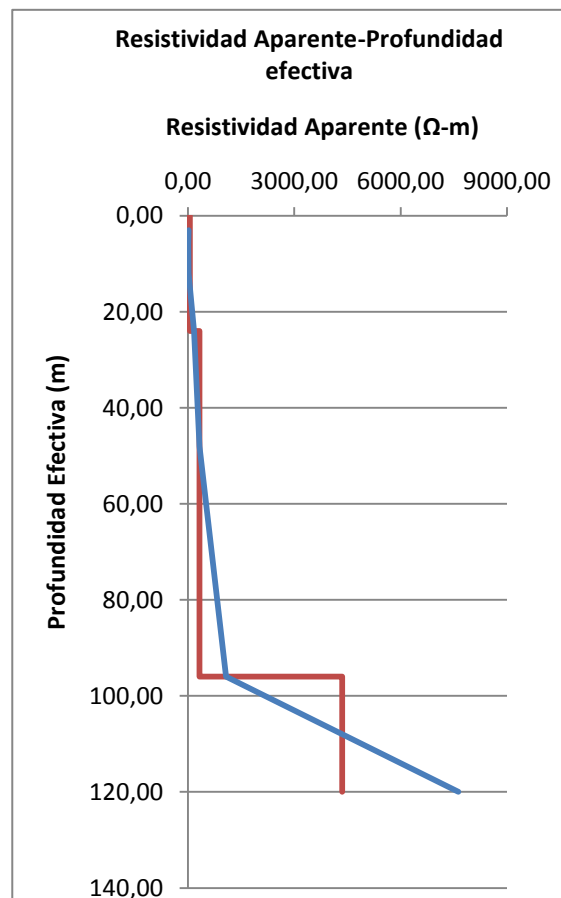




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L10-SEV1

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	50,99	Arcillas y Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	96,00	325,20	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	4352,57	Limolitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



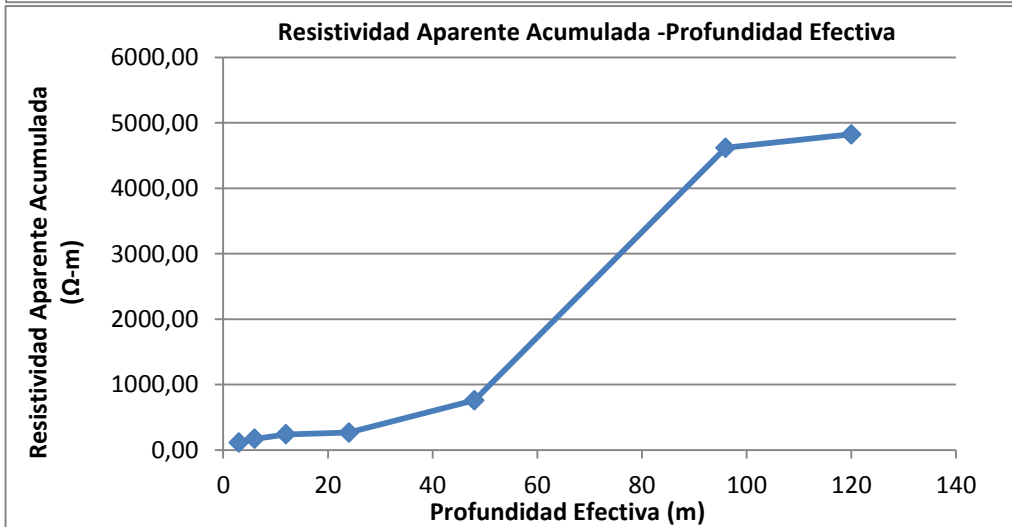
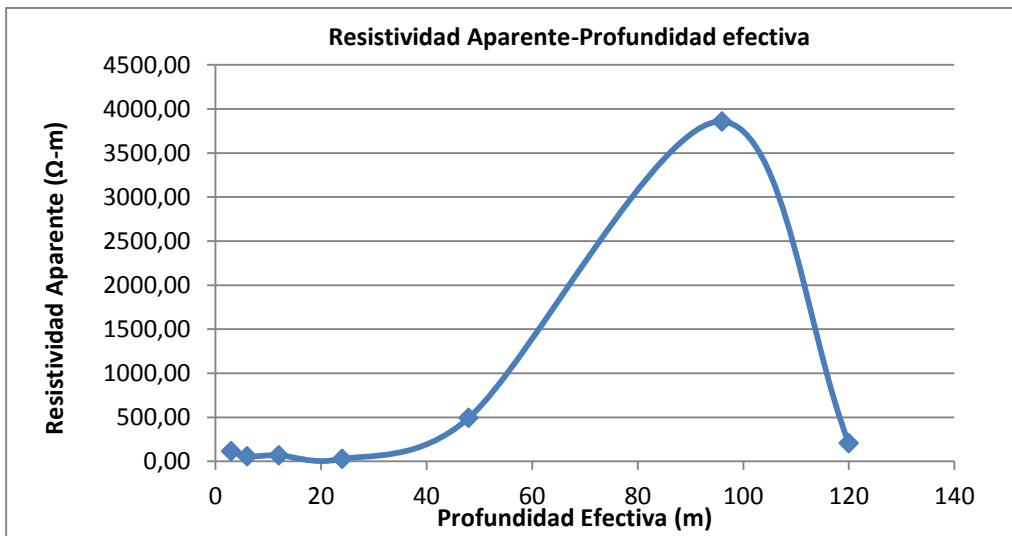


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L10-SEV2

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95944.4
E	80015.5

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	9	0,99	114,24	114,24	Limo	Limos
4	6	1,8	0,8	56,55	170,79	Limo	Limos
8	12	1,1	0,8	69,12	239,90	Limo	Limos
16	24	0,2	0,74	27,17	267,07	Limo	Limos
32	48	1,5	0,61	494,41	761,49	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	9,4	0,98	3857,11	4618,59	Limolita	Limolitas
80	120	0,4	0,97	207,28	4825,88	Lutita	Lutitas

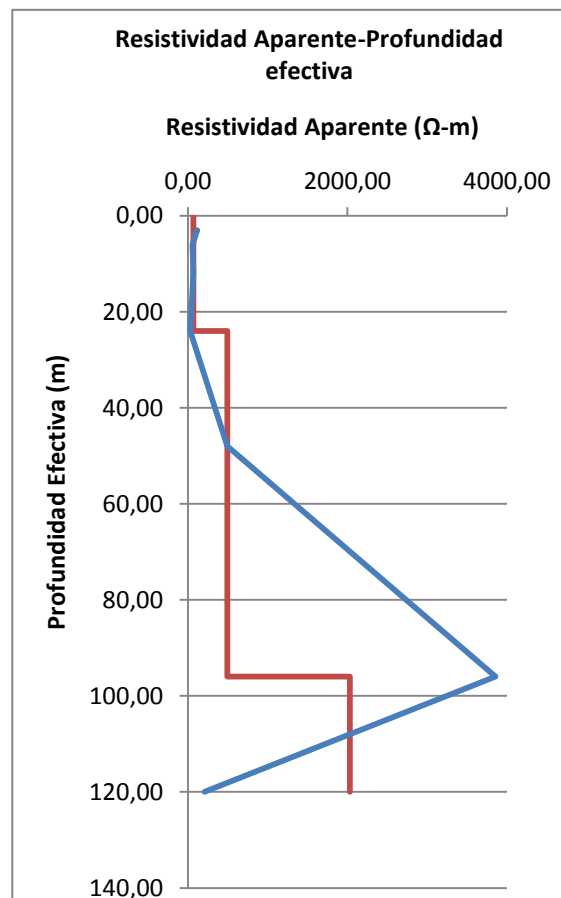




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L10-SEV2

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	66,77	Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	96,00	494,41	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	2032,19	Limolitas y Lutitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)





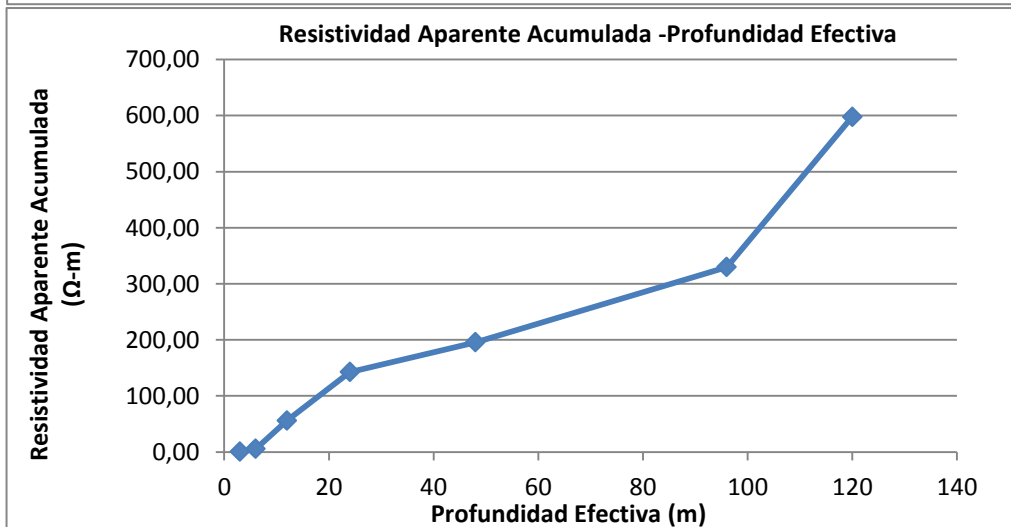
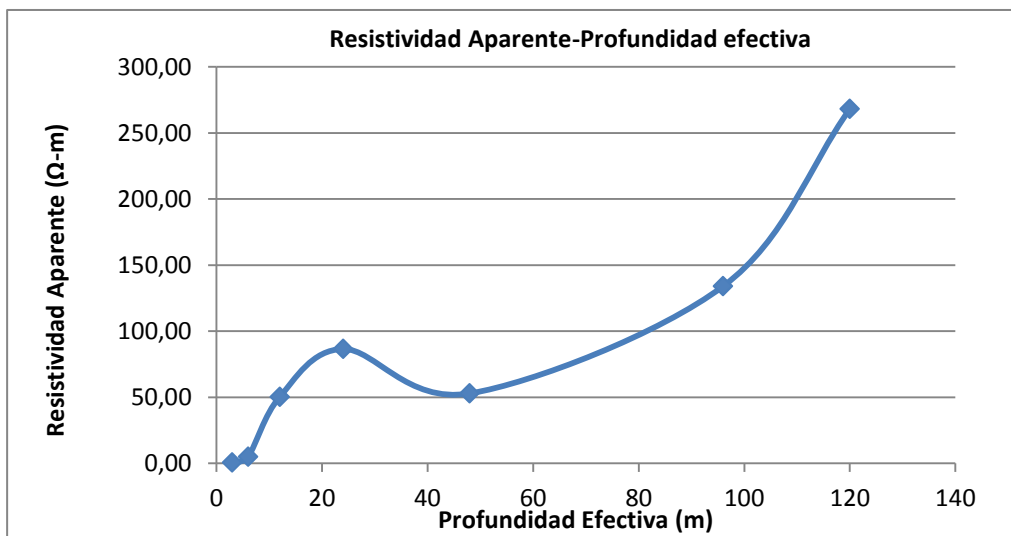


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L10-SEV3

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95689.1
E	80173.4

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	1,2	23,5	0,64	0,64	Arcilla	Arcillas
4	6	8,3	40,4	5,16	5,81	Arcilla	Arcillas
8	12	32,7	32,6	50,42	56,22	Limo	Limos
16	24	17,3	20,1	86,53	142,75	Limo	Limos
32	48	4	15,2	52,91	195,66	Limo	Limos
64	96	1,8	5,4	134,04	329,70	Lutita	Lutitas
80	120	0,8	1,5	268,08	597,79	Lutita	Lutitas

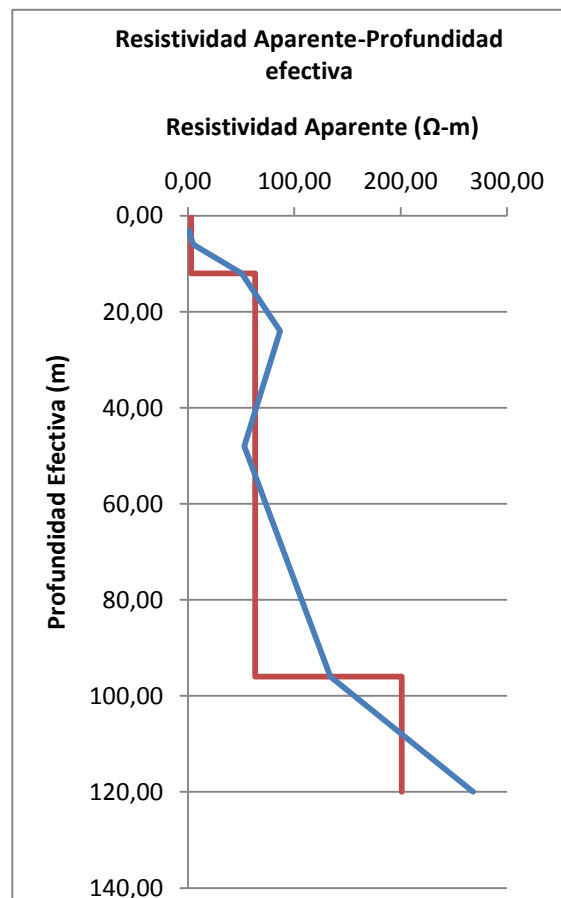




## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

<b>PROYECTO</b>	Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas
<b>LOCALIZACIÓN</b>	Hacienda Canoas. Soacha. Cund
<b>SONDEO</b>	L10-SEV3

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	12,00	2,90	Arcillas de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
12,00	96,00	63,29	Limos de humedad media, plasticidad media, consistencia media a alta
96,00	120,00	201,06	Lutitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



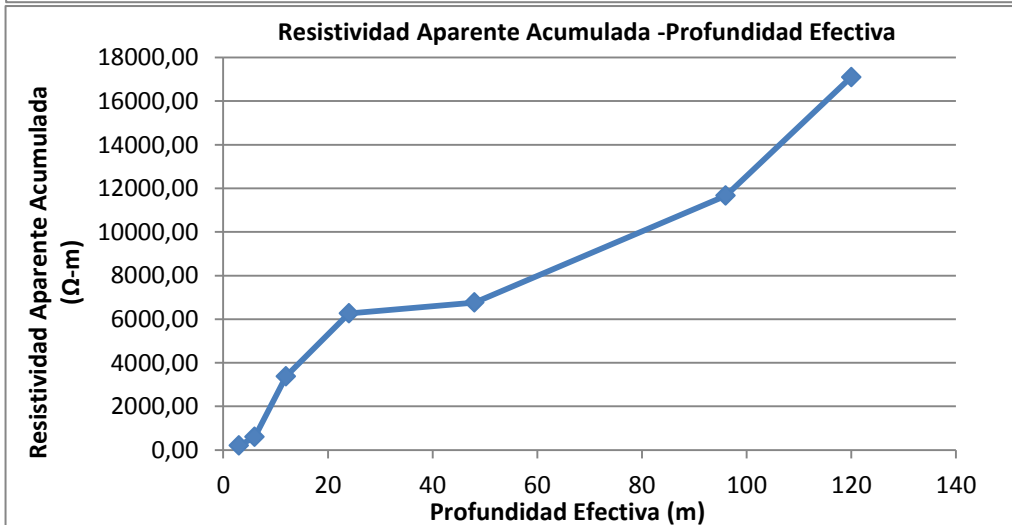
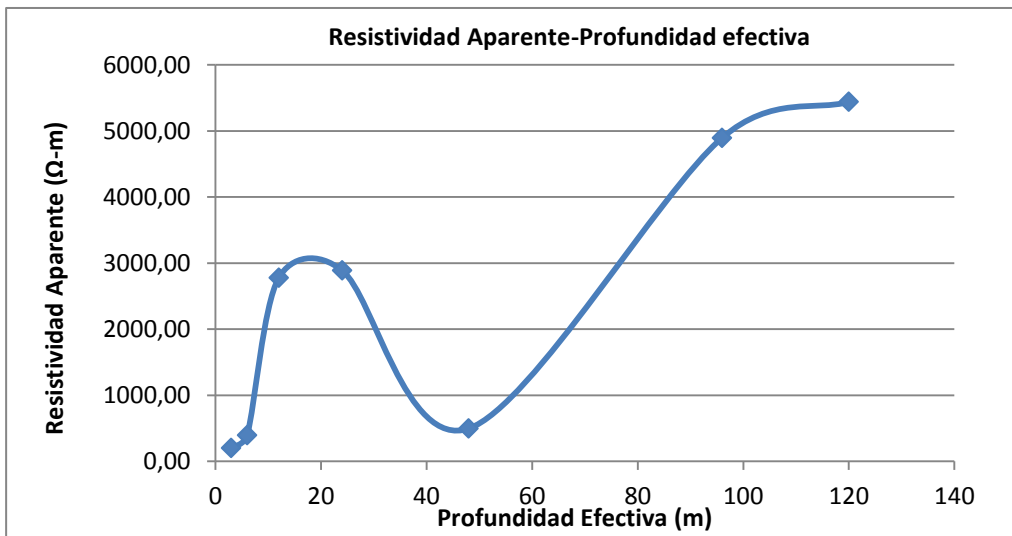


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L11-SEV1

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95737.7
E	79966.9

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R(Ω-m)	ΣR(Ω-m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	38,3	2,38	202,22	202,22	Materiales granulares	Limos-Arenosos
4	6	40	2,53	397,36	599,58	Materiales granulares	Limos-Arenosos
8	12	65,8	1,19	2779,39	3378,96	Materiales granulares	Limos-Arenosos
16	24	33,9	1,18	2888,14	6267,10	Materiales granulares	Limos-Arenosos
32	48	2,9	1,17	498,36	6765,46	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	20,7	1,7	4896,45	11661,91	Limolita	Limolitas
80	120	42,2	3,9	5438,98	17100,89	Limolita	Limolitas

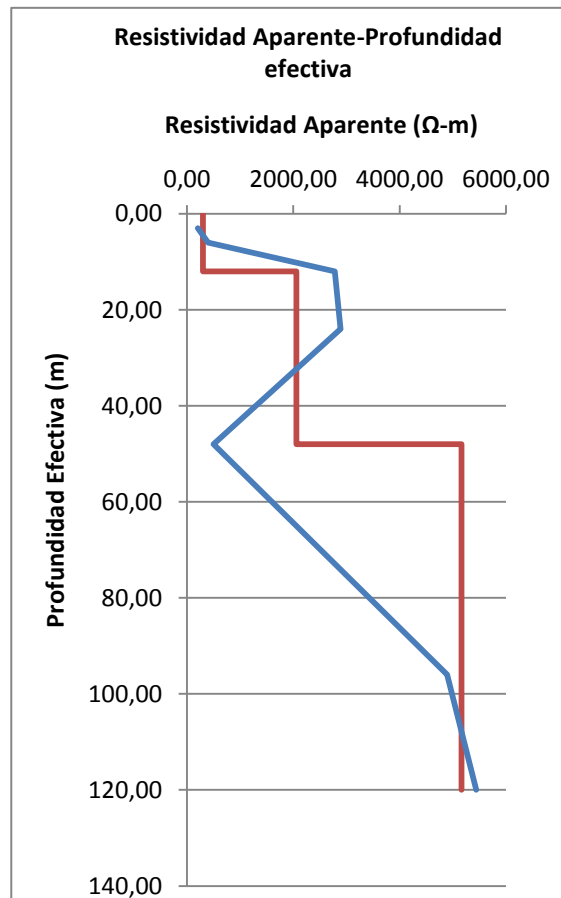




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L11-SEV1

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	12,00	299,79	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
12,00	48,00	2055,29	
48,00	120,00	5167,72	Limolitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



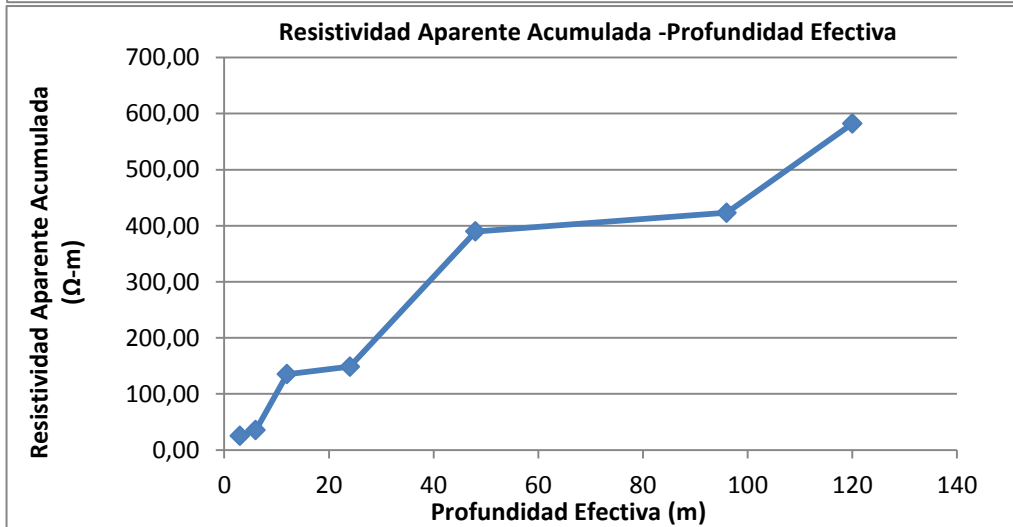
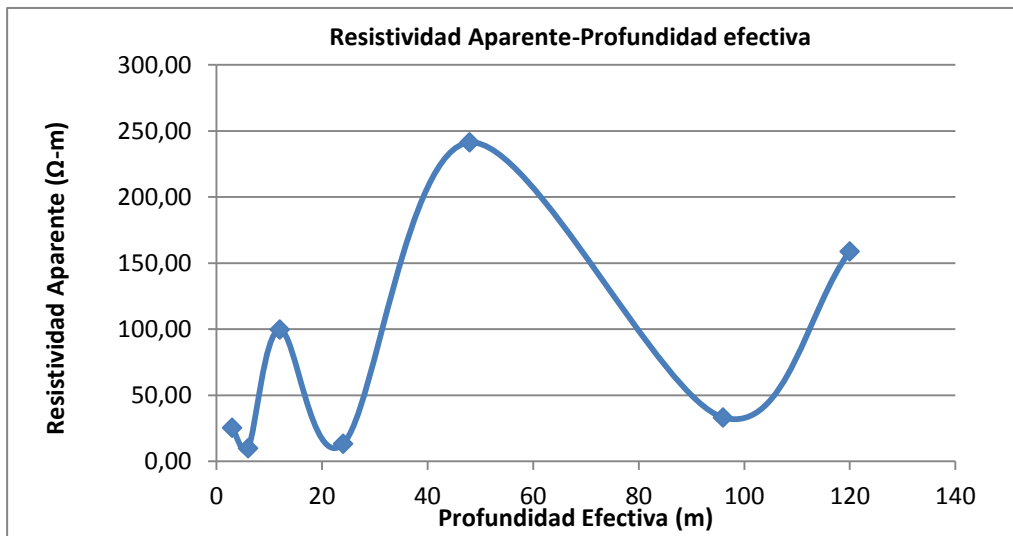


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L11-SEV2

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95495.9
E	80173.4

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R(Ω-m)	ΣR(Ω-m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	49,1	24,2	25,50	25,50	Limo	Limos
4	6	17,2	43,2	10,01	35,50	Arcilla	Arcillas
8	12	4,8	2,42	99,70	135,20	Limo	Limos
16	24	3,1	23,4	13,32	148,52	Arcilla	Arcillas
32	48	15	12,5	241,27	389,80	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	2	24,2	33,23	423,03	Lutita	Lutitas
80	120	10,4	32,9	158,89	581,92	Lutita	Lutitas

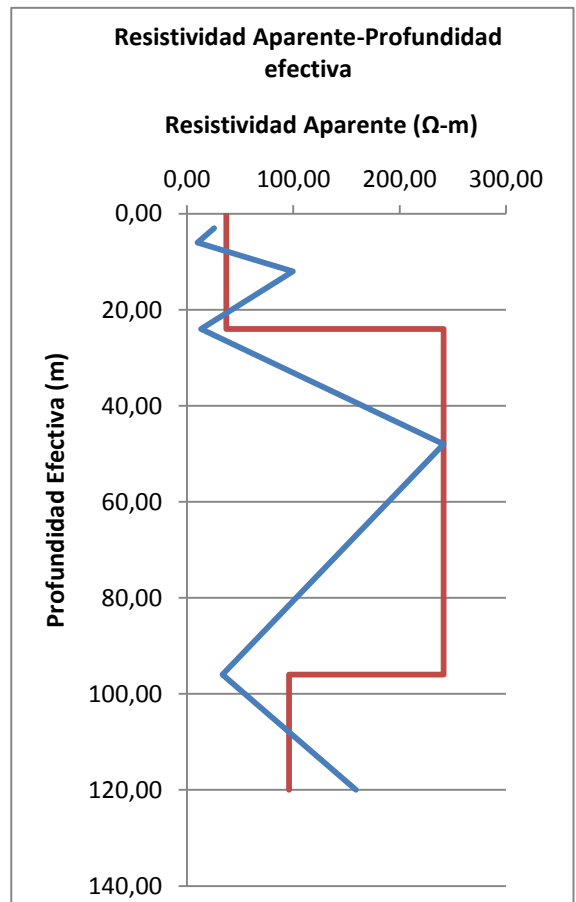




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L11-SEV2

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	37,13	Arcillas y Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	96,00	241,27	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	96,06	Lutitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



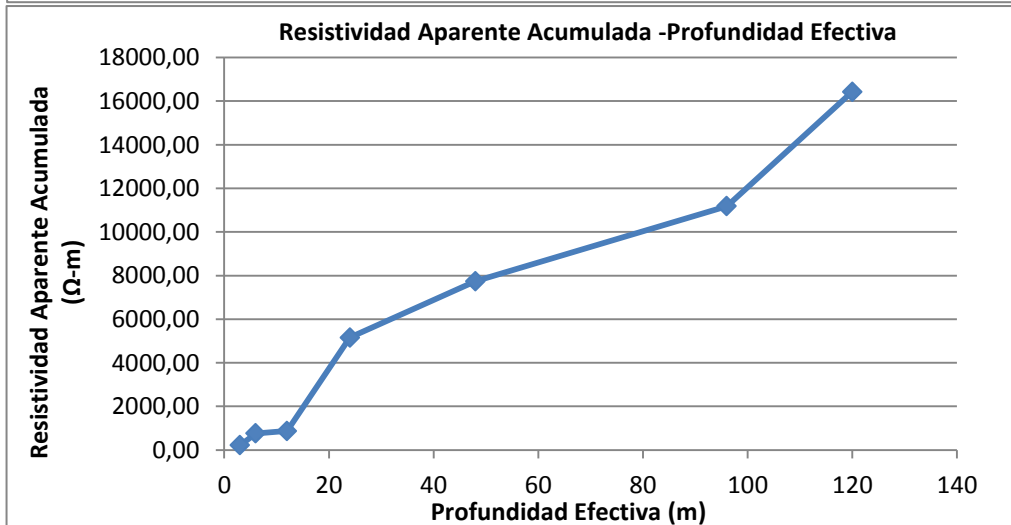
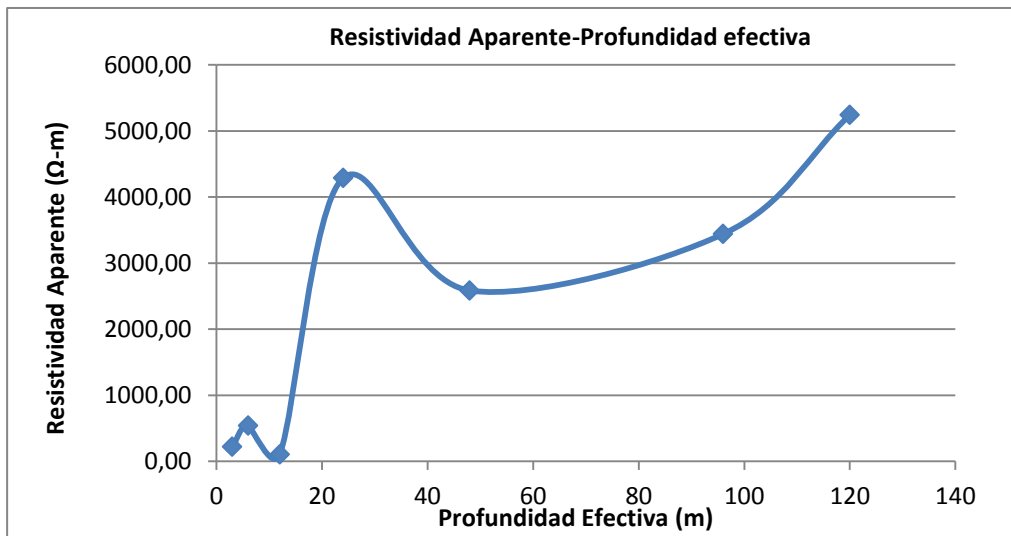


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L12-SEV1

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95531.2
E	79918.3

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	37	2,09	222,47	222,47	Materiales granulares	Limos-Arenosos
4	6	51,3	2,39	539,46	761,93	Materiales granulares	Limos-Arenosos
8	12	4,3	2,01	107,53	869,46	Limo	Limos
16	24	49,9	1,17	4287,60	5157,06	Materiales granulares	Limos-Arenosos
32	48	7,2	0,56	2585,08	7742,14	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	15,4	1,8	3440,39	11182,54	Limolita	Limolitas
80	120	7,3	0,7	5241,97	16424,51	Limolita	Limolitas

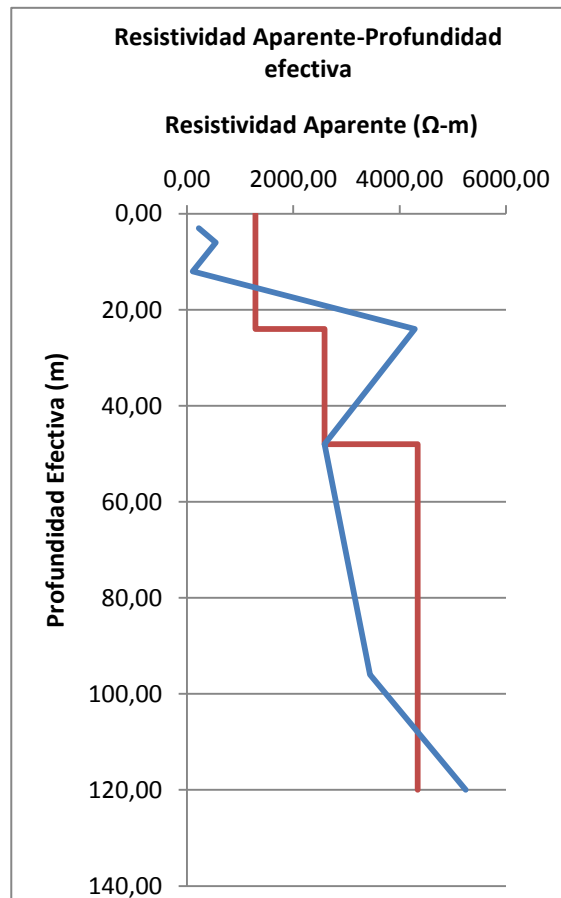




### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L12-SEV1

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	1289,27	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
24,00	48,00	2585,08	
48,00	120,00	4341,18	Limolitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)





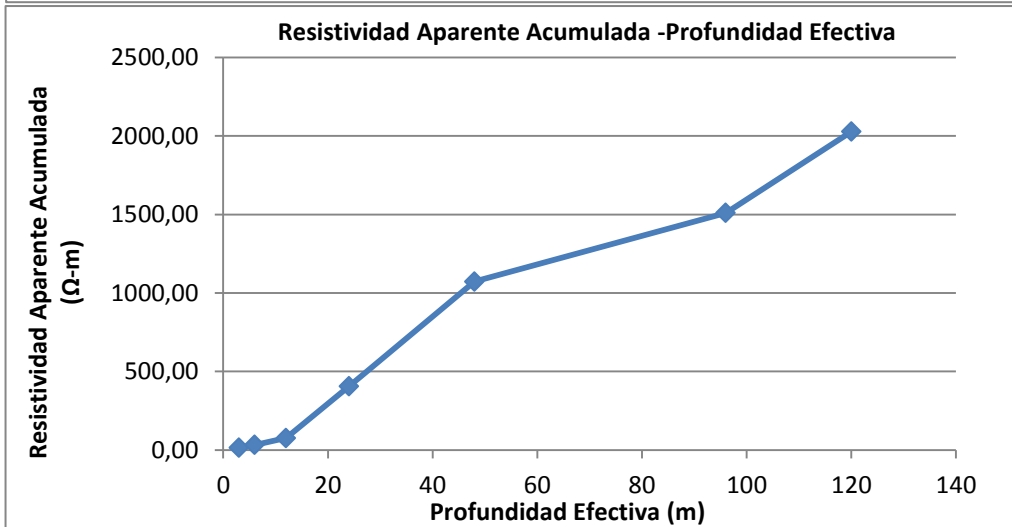
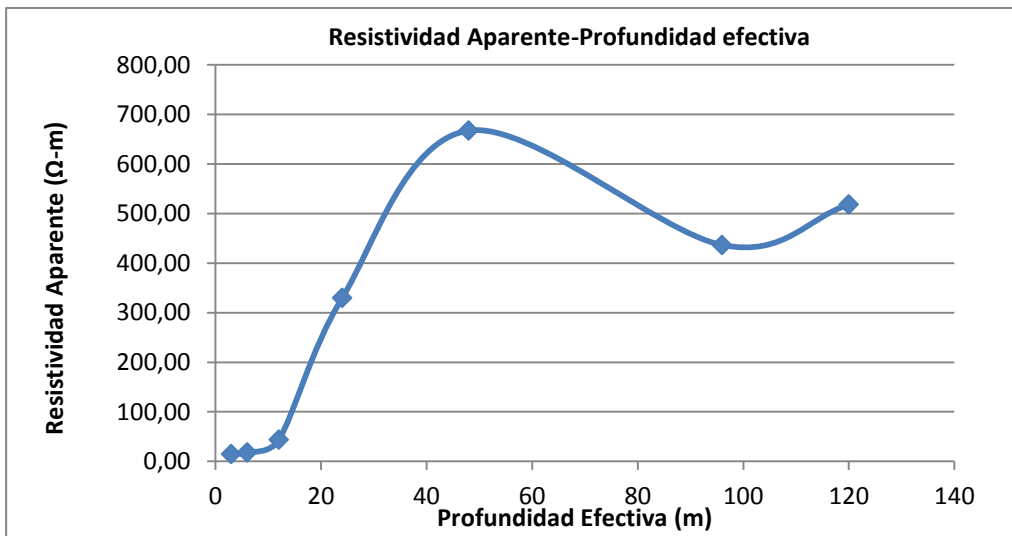


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L12-SEV2

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95276.1
E	80076.2

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	27,9	23,6	14,86	14,86	Arcilla	Arcillas
4	6	20,7	28,9	18,00	32,86	Arcilla	Arcillas
8	12	19,6	22,6	43,59	76,45	Limo	Limos
16	24	17,7	5,4	329,52	405,97	Materiales granulares	Limos-Arenosos
32	48	7,8	2,35	667,35	1073,32	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	8	7,37	436,50	1509,82	Lutita	Lutitas
80	120	1	0,97	518,20	2028,02	Limolita	Limolitas

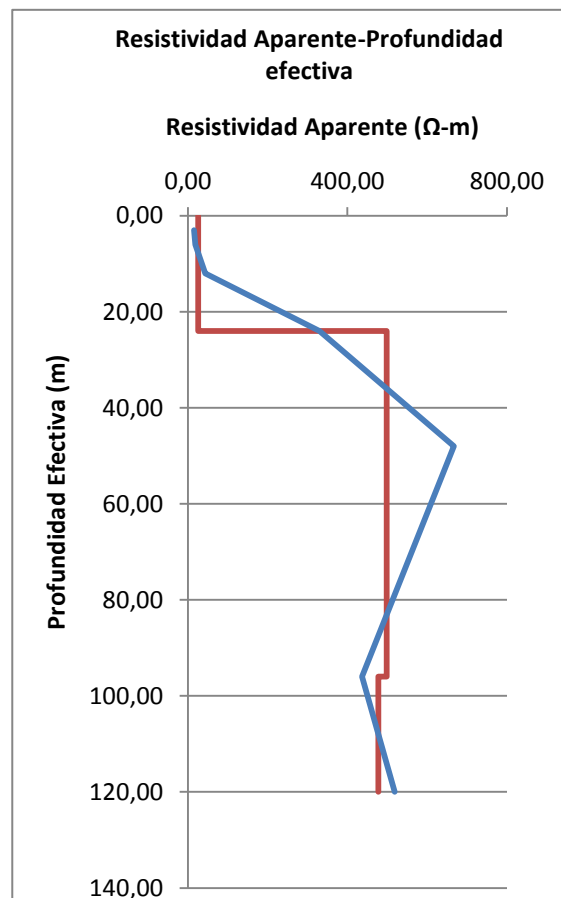




## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

<b>PROYECTO</b>	Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas
<b>LOCALIZACIÓN</b>	Hacienda Canoas. Soacha. Cund
<b>SONDEO</b>	L12-SEV2

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	25,48	Arcillas y Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	96,00	498,44	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
96,00	120,00	477,35	Lutitas y Limolitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



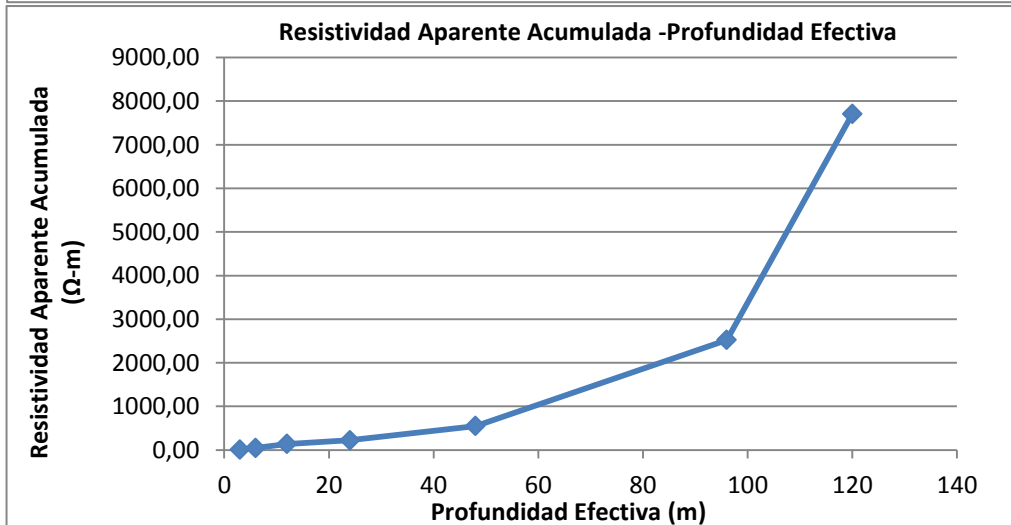
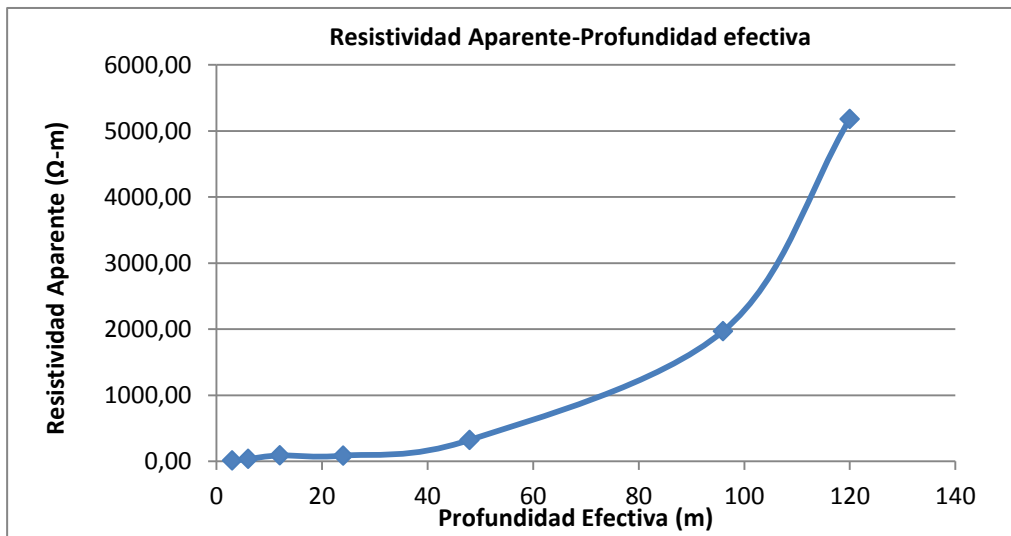


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L13-SEV1

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95334.7
E	79876.6

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	22,4	23,5	11,98	11,98	Arcilla	Arcillas
4	6	26	18,2	35,90	47,88	Limo	Limos
8	12	20,6	11,5	90,04	137,92	Limo	Limos
16	24	28,1	32,4	87,19	225,11	Limo	Limos
32	48	6,8	4,2	325,53	550,64	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	51	10,4	1971,95	2522,59	Limolita	Limolitas
80	120	43,3	4,2	5182,13	7704,73	Limolita	Limolitas

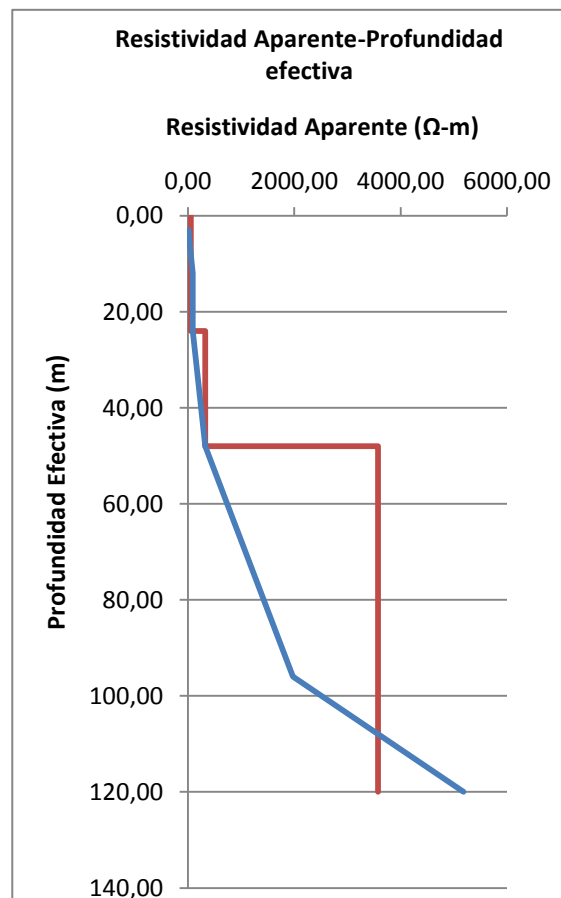




## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

<b>PROYECTO</b>	Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas
<b>LOCALIZACIÓN</b>	Hacienda Canoas. Soacha. Cund
<b>SONDEO</b>	L13-SEV1

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	56,28	Arcillas y Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	48,00	325,53	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
48,00	120,00	3577,04	Limolitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



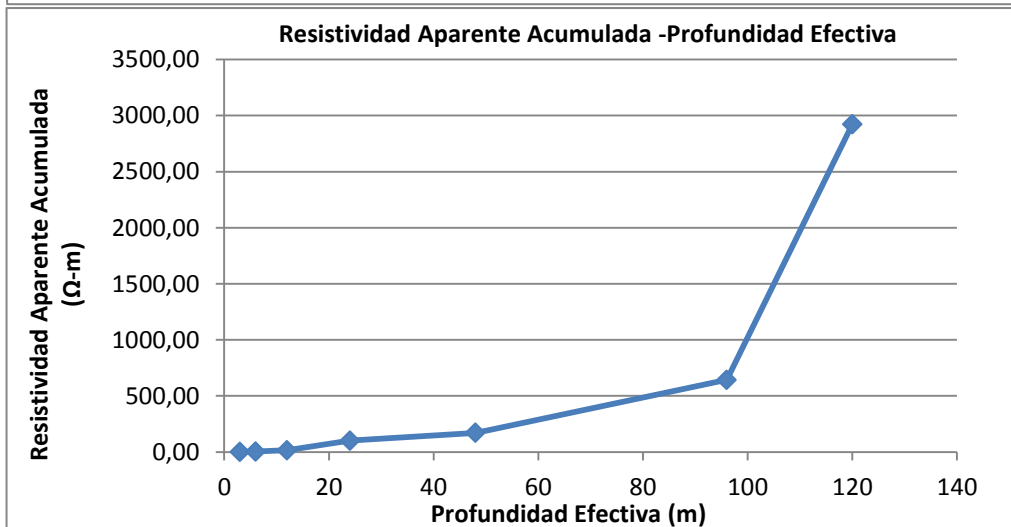
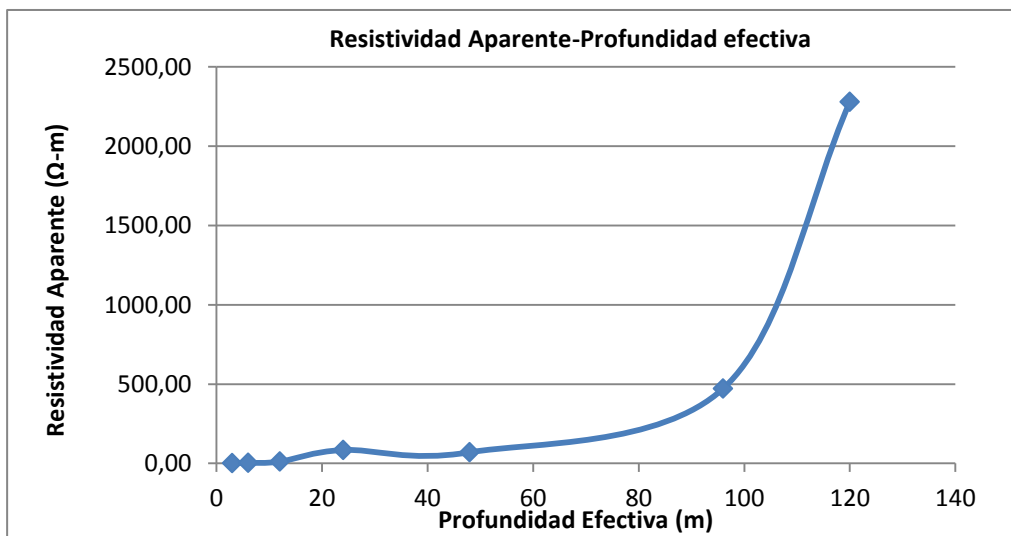


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L13-SEV2

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95069.6
E	80027.7

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R( $\Omega$ -m)	$\Sigma$ R( $\Omega$ -m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	10,4	89,6	1,46	1,46	Arcilla	Arcillas
4	6	10,4	79,7	3,28	4,74	Arcilla	Arcillas
8	12	5,3	23,5	11,34	16,07	Arcilla	Arcillas
16	24	10,5	12,5	84,45	100,52	Limo	Limos
32	48	12,3	35,2	70,26	170,78	Limo	Limos
64	96	2,7	2,3	472,06	642,84	Lutita	Lutitas
80	120	10,2	2,25	2278,70	2921,54	Limolita	Limolitas

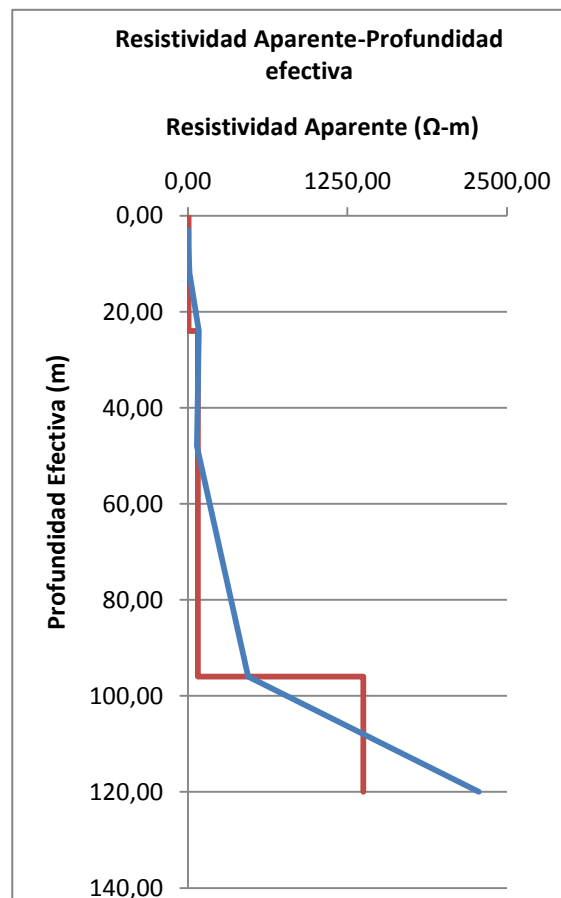




## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

PROYECTO	Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas
LOCALIZACIÓN	Hacienda Canoas. Soacha. Cund
SONDEO	L13-SEV2

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	5,36	Arcillas de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	96,00	77,35	Limos de humedad media, plasticidad media, consistencia media a alta
96,00	120,00	1375,38	Limolitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)



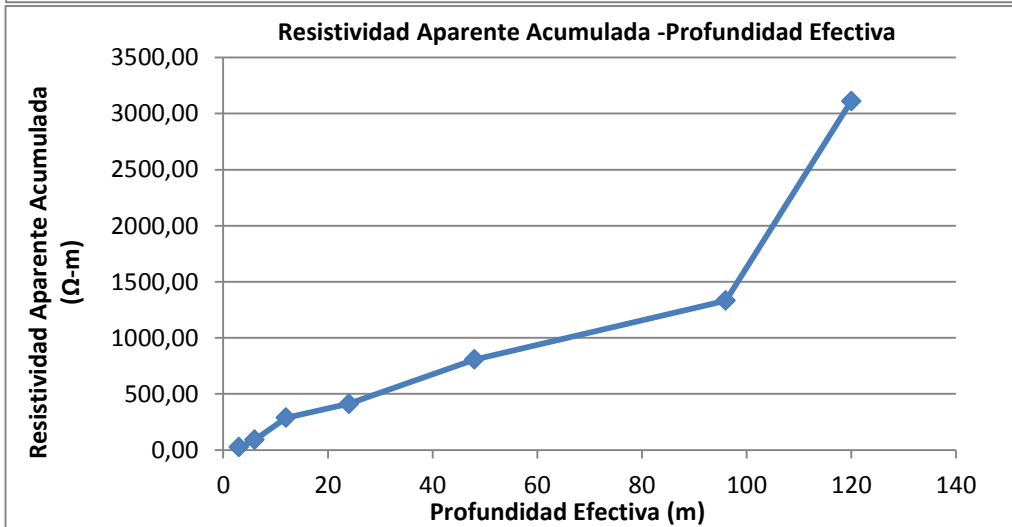
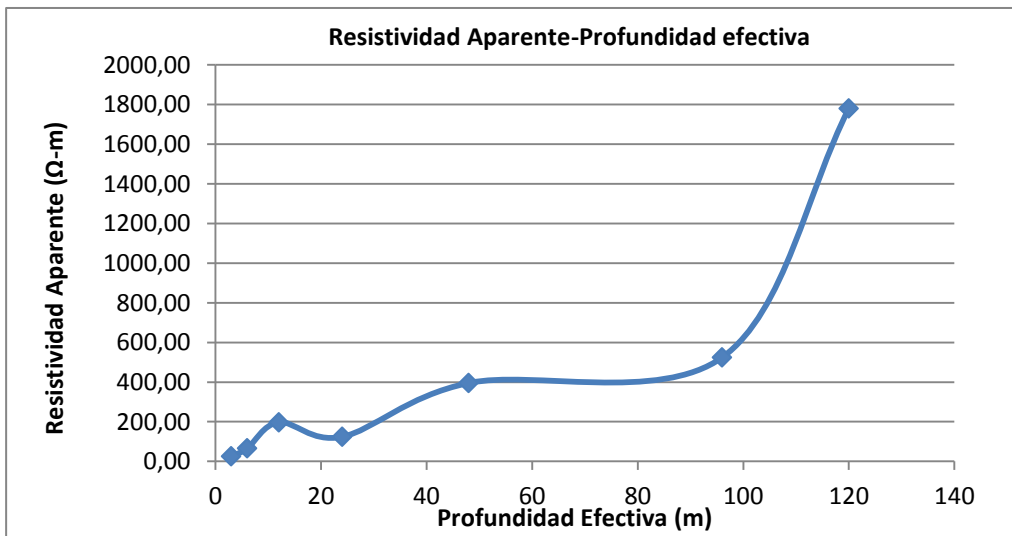


**ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ASTM D6431 Y ASTM G57  
DISTRIBUCIÓN DE WENNER**

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L14-SEV1

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
N	95108.6
E	79856.9

a(m)	z(m)	V(mv)	I(mA)	R(Ω-m)	ΣR(Ω-m)	Clas. Por Resistividad	Clas. Real del Suelo
2	3	23	11,6	24,92	24,92	Limo	Limos
4	6	43,6	16,7	65,62	90,53	Limo	Limos
8	12	40,8	10,4	197,20	287,73	Limo	Limos
16	24	65,6	53,1	124,20	411,92	Limo	Limos
32	48	29,7	15,1	395,47	807,39	Materiales granulares	Limos-Arenosos
64	96	1,5	1,15	524,51	1331,90	Limolita	Limolitas
80	120	34,7	9,8	1779,81	3111,71	Limolita	Limolitas





### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

**PROYECTO** Ingeniería de detalle de la PTAR Canoas  
**LOCALIZACIÓN** Hacienda Canoas. Soacha. Cund  
**SONDEO** L14-SEV1

PROFUNDIDAD ESTRATO (m)		RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)	TIPO DE MATERIAL
DE	A		
0,00	24,00	102,98	Limos de plasticidad media a alta, humedad media, consistencia media a alta
24,00	48,00	395,47	Materiales granulares, arenas de grano fino, pobremente gradadas, humedad media, medianamente densa. Presencia de limos y limos arenosos
48,00	120,00	1152,16	Limolitas, fracturadas, altamente meteorizadas pertenecientes a la formación guaduas (Fm Guaduas)

