



Lic. Daniel E. del Moral  
Paso de la Patria 1001  
B° Universitario – La Rioja  
Tel. 0380-4597636

# **INFORME HIDROGEOLÓGICO**

**PREDIO 7 – GUANDACOL  
DEPARTAMENTO FELIPE VARELA  
PCIA. LA RIOJA**

**DICIEMBRE DE 20230**

## INTRODUCCIÓN

La zona de estudio pertenece al departamento Felipe Varela, provincia de La Rioja, distante unos 4 Km hacia el E de la ciudad localidad de Guandacol.

## OBJETIVOS

- El principal objetivo del presente estudio es la localización, estimación de profundidad y espesor del sustrato saturado de la zona, como así también la detección del basamento hidrogeológico.

## METODOLOGÍA

Existen varios métodos de prospección geofísica para caracterizar un subsuelo, dependiendo que se desea caracterizar y cual es la profundidad de investigación necesaria, será el método geofísico a utilizar. En este estudio en particular y debido a las características geoeléctricas de sus estratos el mas apropiado a utilizar es el denominado Sondeo Eléctrico Vertical (SEV).

La exigencia fundamental para la aplicación del SEV es que las capas que se desean distinguir presenten suficiente contraste de resistividad, que haga posible su diferenciación eléctrica.

El SEV es una metodología geofísica pasiva y pertenece a los métodos eléctricos, los cuales se basan en la obtención de campos potenciales eléctricos, de lo referente a lo naturalmente existentes en la corteza terrestre, como a los artificialmente provocados en la misma.

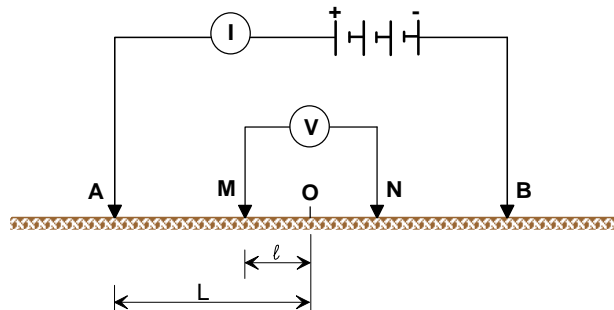
Este método de prospección consiste en enviar corriente al terreno mediante un par de electrodos AB y medir las variaciones en el campo potencial originado con otro par de electrodos MN (Fig.2).

A través de las diferencias de potenciales medidas, se puede calcular la resistividad aparente del terreno, la cual está dada por:

$$\rho_a = 2\pi \frac{\Delta V}{IG} \quad \text{donde,} \quad G = \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}$$

$\Delta V$  = diferencia de potencial

$I$  = Corriente introducida a la tierra

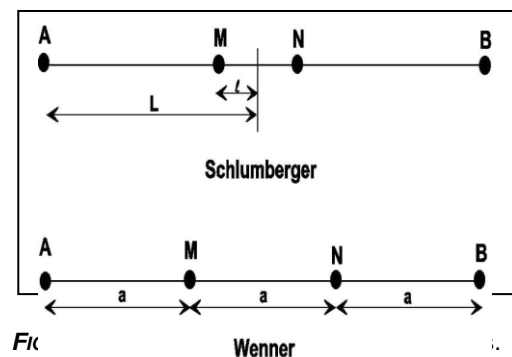


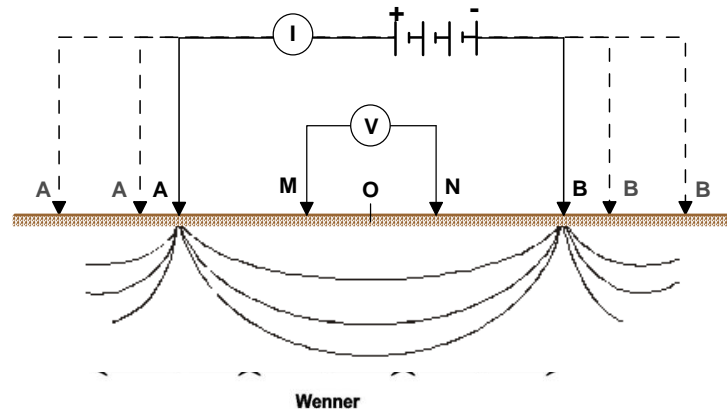
**FIGURA 2:** disposición de los electrodos en el terreno. AB electrodos de emisión y MN, electrodos de registro.

Tomando un punto del terreno como estación, se procede a realizar una serie de lecturas, a medida que se aumenta la apertura de AB, la información que se registra corresponde a profundidades mayores de investigación (Fig.3). De aquí el nombre de sondeo que lleva el método. A través del procesamiento de los datos registrados, en cada sondeo, se determina la distribución vertical de las resistividades del subsuelo bajo el punto del terreno estudiado.

Relacionando los resultados de los SEV de un perfil, es posible establecer la existencia en el subsuelo de diferentes “capas geoelectricas”, que representan otro tantos estratos o formaciones geológicas, cuya naturaleza puede deducirse de la resistividad de cada una, siempre que se disponga de información geológica suficiente.

Existen diferentes dispositivos electródicos (disposición de los electrodos en el terreno), los dos más usados son los de Schlumberger y de Wenner (Fig.4).





**FIGURA 3:** Diferentes aperturas de los electrodos AB.

- *Dispositivo Wenner:* en este dispositivo las separaciones, entre electrodos adyacentes son iguales y se las denomina con la letra **a**. De modo que la ecuación, correspondiente a la resistividad aparente, se reduce a  $\rho_a = 2\pi a R$
- *Dispositivo Schlumberger:* en este dispositivo la separación entre los electrodos de medición (MN) es igual a  $2l$ , siendo la separación entre los electrodos de emisión (AB) igual a  $2L$ . Considerando siempre  $MN \ll AB$ . En el centro del sistema, la ecuación de resistividad aparente se escribe como:

$$\rho_a = \frac{\pi L^2}{2l} \frac{\Delta V}{I} = \frac{\pi L^2}{I} \frac{dV}{dr}$$

donde, como es obvio,  $dV/dr$  es el gradiente de  $V$  en la superficie, es decir el campo eléctrico en el centro.

En este trabajo se usó el dispositivo Schlumberger por las ventajas que presenta, frente al Wenner. Entre algunas de ellas, podemos mencionar: mayor calidad en las curvas de resistividad aparente, posibilidad de detectar efectos laterales y superficiales, mayor rapidez, necesidad de un número menor de personal y posibilidades de efectuar sondeos profundos.

Luego, a través del procesamiento, se calculan las resistividades verdaderas de las diferentes capas geoelectricas, teniendo en cuenta la teoría de campos geopotenciales. Una vez procesados los datos registrados, se obtiene un modelo de distribución de resistividades en función de la profundidad (Modelo de inversión 1D), para cada SEV.

Posteriormente se procede a realizar los mapas de isoresistividades a diferentes profundidades y se elaboran perfiles geoelectricos.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DEL SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL (SEV)

La resistividad eléctrica de un material es una propiedad que en los materiales del suelo depende de las cargas eléctricas presentes en el mismo. En los suelos y rocas, los iones de las sales solubles en los poros son el principal elemento de conducción. Estas sales son más abundantes en suelos finos (arcillas) por lo cual resultan menos resistivos (más conductivos) que los suelos gruesos (arenas). En rocas sanas, la baja porosidad de las mismas impide la presencia de fluidos por lo que la resistividad es elevada. Cuando la roca se descompone los intemperismos producen arcillas y permite la incorporación de fluidos salinos que disminuyen la resistividad respecto a la roca original. En la Tabla 2 se muestran algunos valores representativos para cada tipo de material.

**Tabla 2:** Resistividades características de algunos suelos.

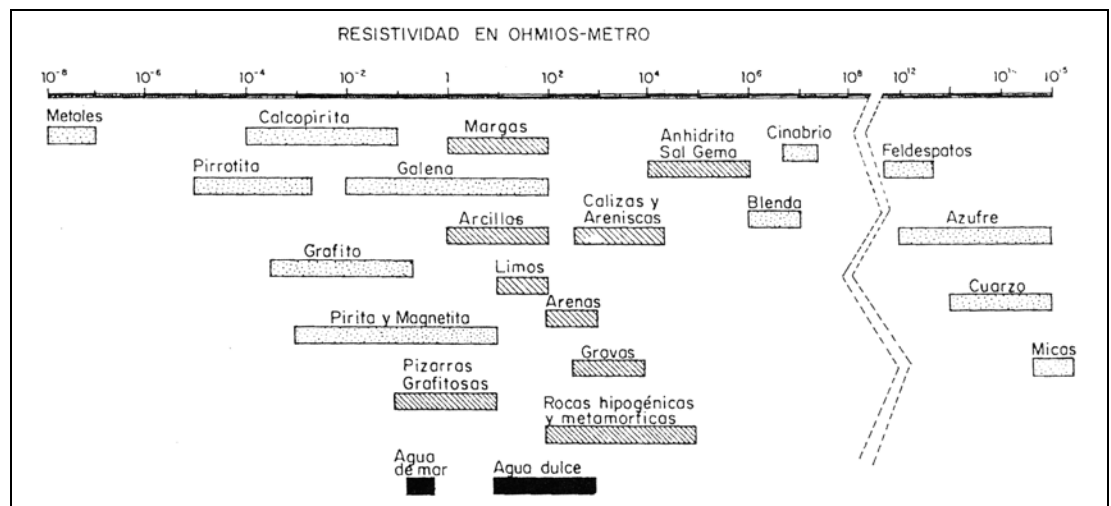
<b>Tipo de Suelo</b>	<b>Resistividad [<math>\Omega</math>.m]</b>
Suelo Arcilloso muy húmedo a húmedo	<b>1,5 - 3,0</b>
Arcilla Limosa y Suelo Limoso muy húmedo a húmedo	<b>3,0 - 15,0</b>
Suelo Limoso y Arenoso húmedo a seco	<b>15,0 -150,0</b>
Techo de Roca muy fracturada a baja fracturación c/suelo húmedo	<b>150,0 - 300,0</b>
Arenas y Gravas con limos	<b>~300</b>
Arenas y Gravas con capas limosas	<b>300,0 - 2400,0</b>
Techo de Roca de baja fracturación con suelo seco en grietas	<b>300,0 - 2400,0</b>
Deósitos de Arenas y Gravas gruesas y secas	<b>&gt;2400,0</b>
Techo de Roca masiva y dura	<b>&gt;2400</b>
Agua Dulce	<b>2,0 - 60,0</b>
Agua Salada	<b>0,18 - 0,24</b>

Factores que afectan a la resistividad.

La resistividad eléctrica es un parámetro que varía en función de las características del terreno. Algunos de los factores que lo influyen son:

- El grado de saturación del terreno.
- La temperatura.
- Porosidad y la forma de los poros.
- La salinidad del fluido.
- El tipo de roca.
- Los procesos geológicos que afectan a los materiales.
- La presencia de materiales arcillosos con alta capacidad de intercambio catiónico.

En la siguiente figura se exponen algunos de los rangos típicos de resistividad, en donde de forma implícita ya están recogidos la influencia de algunos de los factores anteriormente citados. No obstante destacar que los rangos pueden variar significativamente en función de las características del problema.



## INSTRUMENTAL UTILIZADO

Instrumental	Modelo	Estado	Observaciones
Equipo de SEV	ABEMM	Muy bueno	Industria Sueca

## TRABAJO DE CAMPO

En el presente trabajo se realizaron tres (3) sondeos eléctricos verticales (SEV) teniendo en cuenta el dispositivo Schlumberger, para obtener la geometría del subsuelo. Los electrodos MN permanecieron fijos, simétricamente colocados respecto del centro del sondeo y se fueron efectuando lecturas de  $\Delta V$  e  $I$  para distancias  $\overline{AB}$  sucesivamente crecientes según una progresión geométrica de razón pequeña (1,25 a 1,41).

Teniendo en cuenta que a medida que la distancia  $\overline{AB}$  aumenta,  $\Delta V$  disminuye, al hacerse demasiado pequeña, se cambió la distancia  $\overline{MN}$  por una mayor. Esta operación se denomina *empalme* y se realizó de tal manera que las últimas lecturas con el  $\overline{MN}$  pequeño se repitieron con el nuevo valor de  $\overline{MN}$  y las mismas  $\overline{AB}$ .

A medida que progresaba la medición se fueron graficando los valores de resistividad aparente, calculados con los datos registrados, en función de la separación  $AB/2$ . De este modo se pudo ir testeando la posibilidad de errores y/o inconvenientes en los registros.

## **TRABAJO DE GABINETE**

### **Geología Local**

La zona de ejecución de los SEV se ubica entre la provincia geológica de Precordillera y Sierras Pampeanas Occidentales.

El aspecto geológico cobra especial relevancia por las características tan especiales de la región analizada, ellas se derivan de la presencia de unidades morfoestructurales de orden regional que aportan sus particularidades estructurales y estratigráficas dando un especial comportamiento al sector con claras influencias sobre los parámetros hidrogeológicos.

Las unidades morfoestructurales con marcado dominio en la región en estudio son las denominadas Provincias Geológicas de Sierras Pampeanas Occidentales y Precordillera de San Juan – La Rioja cuyos representantes montañosos se disponen limitándola al oriente la primera y al occidente la restante.

Con la denominación de Sierras Pampeanas Occidentales se designa al conjunto de cordones montañosos del oeste de La Rioja y el Este de San Juan; este conjunto forma parte de la Provincia Geológica Sierras Pampeanas de Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan que fuera diferenciada por Caminos R. (1972 – Geología Regional Argentina) y que luego fue perfeccionada en cuanto a establecer con mayor precisión los límites entre unidades y la descripción de cada una de ella en el texto Geología Argentina del año 1999 (SEGEMAR).

En el ámbito estudiado esta Provincia Geológica se halla representada por el tren estructural integrado por el Filo del Aspero, la Sierra de Maz y los Cerros Bola y Rajado que conforman el borde oriental del área analizada.

Los afloramientos rocosos que constituyen a las serranías mencionadas corresponden a terrenos metamórficos y sedimentarios de edad comprendida entre el Pre Cámbrico y el Mesozoico.

Todo el complejo rocoso se halla afectado por la falla de Valle Fértil situada sobre el borde oeste de los cordones montañosos que ha generado el levantamiento diferencial de bloques del Basamento Cristalino y Metamórfico conjuntamente con rocas sedimentarias más jóvenes que a causa de los esfuerzos tectónicos se encuentran plegados agregándose un sinnúmero de fallas locales o semi regionales de rumbo perpendicular u oblicuo a la falla principal.

### **Procesamiento y Modelo Inverso**

Primeramente y por medio de software interactivo e iterativo, se realiza el cálculo de las curvas de resistividad. Luego haciendo uso de técnicas matemáticas modernas, como por

ejemplo las regresiones no lineales, se lleva a cabo el ajuste de datos. Obteniendo finalmente un modelo inverso de capas para el sondeo. (*Ver curvas*).

#### 4.2. PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE DATOS

- Análisis del SEV: Se examinó en detalle la información de campo correspondiente que incluyen las separaciones de electrodos de corriente AB/2, de potencial MN, corriente enviada al subsuelo (en miliAmpere), diferencia de potencial en milivolts, el factor geométrico (constante k) relacionada con la separación AB/2 y el cálculo de resistividad aparente correspondiente. También se controló la curva de campo obtenida a medida que se realizaron las mediciones.
- Para el procesamiento de los sondeos eléctricos verticales (SEV) se empleó un programa computacional IPIWIN. Este programa permite determinar un modelo estratigráfico en función de las resistividades eléctricas las cuales se aproximan interactivamente a las mediciones observadas obteniendo una curva teórica. Los resultados obtenidos con este programa se presentan a continuación e incluyen:
  - a. La curva de resistividad aparente de campo (Función de Resistividad Aparente de Campo FRAC) obtenida a partir de las observaciones (círculos).
  - b. La curva teórica de resistividades obtenida a partir de una aproximación a los valores observados. La curva que produce el mejor ajuste (línea roja continua) se corresponde con un modelo eléctrico de subsuelo.
  - c. Un modelo de subsuelo correspondiente a una sección vertical con los espesores en metros para cada capa del subsuelo y su resistividad eléctrica “verdadera”.

Los valores observados fueron controlados y posteriormente suavizados. Este proceso se relaciona con los empalmes realizados para distintos valores de separación de los electrodos M y N. Los valores obtenidos fueron ingresados posteriormente a un software de procesamiento que



permite graficar la curva de campo y diseñar una curva teórica en forma interactiva proponiendo distintas capas con sus respectivas profundidades y resistividades eléctricas.

Los terrenos fluviales de la zona son de edad cuaternaria, constituidos principalmente por materiales gruesos y de alta permeabilidad (bloques, gravas, gravillas y arenas).

## **VENTAJAS Y LIMITACIONES**

En cuanto al método geoelectrico, cabe destacar que las interpretaciones son atribuidas a un punto proyectado verticalmente. Sin embargo, las mediciones son sensibles a todo el volumen encerrado por los electrodos de corriente.

Resultados de los sondeos eléctricos (se muestran a continuación), según siguiente detalle descriptivo:

Ajuste de curva teórica (en rojo) a los datos de campo (puntos y curva en negro).

A la derecha se muestra el modelo obtenido para la curva de ajuste teórica indicando el número N de capas, sus valores de resistividad  $\rho$  en  $\Omega\text{m}$ , espesor en m, profundidad en m.

## RESULTADOS

---

### SEV 1

#### Interpretación Hidrogeológica

En este SEV, se observan cinco capas en las que se relaciona el siguiente detalle:

De **0 a 1,5 m** de profundidad, con 861 Ohm-m de resistividad correspondientes a depósitos aluvionales gruesos.

De **1,5 a 30,7 m** de profundidad, con 200 Ohm-m de resistividad relacionado a depósitos de origen aluvional (arenas) secos.

De **30,7 a 123 m** de profundidad, con 70.7 Ohm-m de resistividad, esta capa la podemos asociar a un nivel de material sedimentario de tamaño de arenas en estado de saturación.

De **123 a 272 m** de profundidad, con 84,6 Ohm-m de resistividad. Y es interpretada como una capa de sedimentos (arenas). Se considera que esta capa se encuentra en un posible estado de saturación.

Desde **272 m** de profundidad, la resistividad disminuye a 36,6 Ohm-m interpretado como la parte superior de sedimentitas pre-cuaternarias (Basamento hidrogeológico).

### SEV 2

#### Interpretación Hidrogeológica

En este SEV, se observan cinco capas en las que se relaciona el siguiente detalle:

De **0 a 1,5 m** de profundidad, con 167 Ohm-m de resistividad correspondientes a depósitos aluvionales (arenas y limos).

De **1,5 a 27,8 m** de profundidad, con 296 Ohm-m de resistividad relacionado a depósitos modernos de granulometría tamaño arenas.

De **27,8 a 102 m** de profundidad, con 64,5 Ohm-m de resistividad, esta capa la podemos asociar a un nivel de arenas en estado de saturación.

De **102 a 208 m** de profundidad, con una resistividad de 89,6 Ohm-m. A esta capa se la interpreta como arenas aluvionales en estado de saturación.

Desde los **208 m** de profundidad, con una resistividad disminuye a 23,8 Ohm-m y se interpreta de que se trataría de sedimentitas pre-cuaternarias (Basamento hidrogeológico).

## SEV 3

### Interpretación Hidrogeológica

En este SEV, se observan cinco capas en las que se relaciona el siguiente detalle:

De **0 a 1,5 m** de profundidad, con 1245 Ohm-m de resistividad correspondientes a depósitos de granulometría gruesa (arenas y gravas).

De **1,5 a 27,8 m** de profundidad, con 416 Ohm-m de resistividad relacionado a depósitos aluvionales de granulometría gruesa (arenas y gravas).

De **27,8 a 92,9 m** de profundidad, con de resistividad de 85,4 Ohm-m, esta capa se la interpreta que esta constituida por sedimentos aluvionales tamaño arena en estado de saturación.

De **92,9 a 278 m** de profundidad, con una resistividad de 58,5 Ohm-m. Y se trataría de sedimentos fracción arena con intercalaciones de limo en estado de saturación.

Desde los **278 m** de profundidad, la resistividad disminuye a un valor de 23,8 Ohm-m y se interpreta de que se trataría de sedimentitas pre-cuaternarias (Basamento hidrogeológico).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

Antes de llegar a las conclusiones y recomendaciones es de destacar que el área de estudio la hidrogeología subterránea es óptima debido a que el área de aporte, las aguas superficiales químicamente son de excelente calidad química.

Si bien los 3 SEV realizados arrojaron valores positivos en cuanto a la presencia de agua subterránea y pensando en la explotación con obras de captación (perforaciones).

Los sitios mas favorables para el emplazamiento de una perforación son los sitios donde se realizaron los SEV 1 y 3

En el **SEV 1** la capa de interés comienza a partir de los 30,7 hasta los 272 metros contabilizando un espesor de 242 metros.

En el **SEV 3** la zona de interés comienza a partir de los 27,8 hasta los 278 metros de profundidad, con un total de espesor de interés hídrico de 250 metros.

Para concluir la zona más favorable para ejecutar una perforación exploratoria sería el sitio del SEV 3 ya que posee un espesor en estado de saturación mayor que los demás SEV. En este sitio es aconsejable realizar una perforación de carácter exploratorio de hasta los 250 metros, durante la ejecución de la perforación deberá tener un seguimiento estricto (toma de muestras) por parte de un profesional idóneo, una vez culminada la realización del pozo exploratorio se le hará perfilaje eléctrico del pozo y definir los horizontes productivos, Una vez concluido el perfilaje y entubado de la misma es aconsejable realizar una limpieza y desarrollo del pozo y para un posterior ensayo hidráulico del mismo a los fines de determinar las características hidráulicas del mismo (Transmisividad, coeficiente de almacenamiento y caudales máximos a extraer)



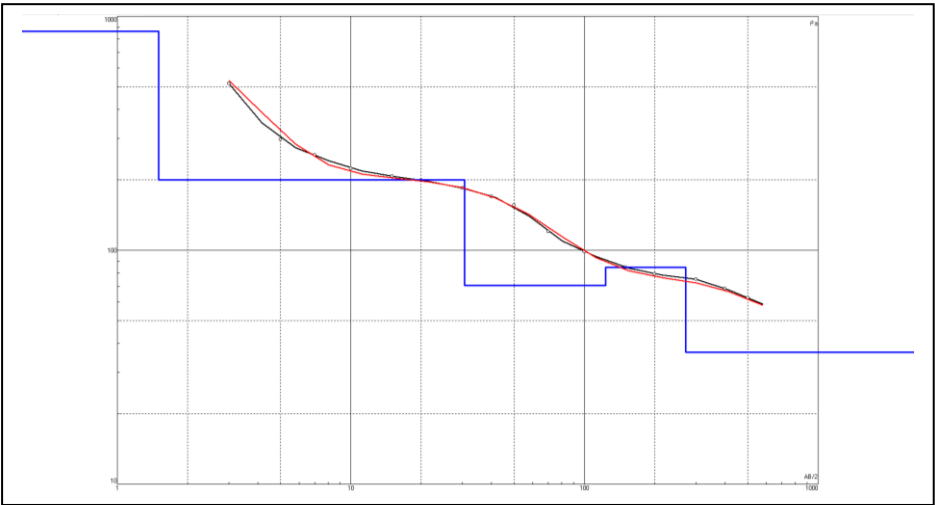
**Procesamiento e interpretación** Lic. Daniel del Moral

**SEV 1**

Coordenadas

Geográficas	Gauss Krügger
S 29°30'56.5"	X=2546900.225
W 68°30'58.51"	Y= 6735439.274

Fecha: Diciembre de  
 2023 Provincia: La  
 Rioja  
 Depto.: Felipe Varela  
 Localidad: Guandacol



**MODELO**

Capas Eléctricas	$\rho$ $\Omega.m$	Espesor m	Prof. m
1	861	1,5	1,5
2	200	29,2	30,7
3	70,7	92,3	123
4	84,6	149	272
5	36,6	$\infty$	$\infty$

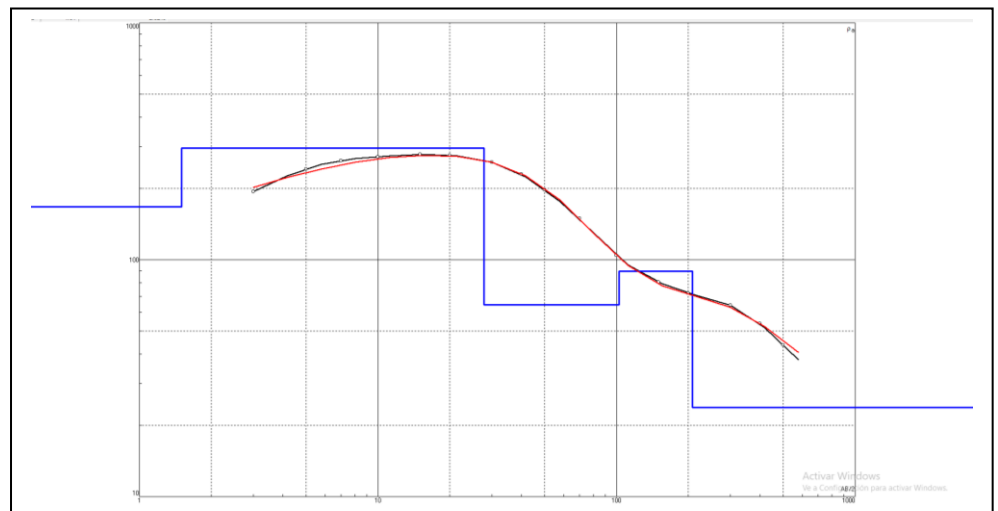
## Procesamiento e interpretación Lic. Daniel del Moral

**SEV 2**

Coordenadas

Geograficas	Gauss Krügger
S 29°30' 40,86"	X= 2548293.566
W 68°30' 6.85"	Y= 6735914.967

Fecha: Diciembre  
de 2023  
Provincia: La  
Rioja  
**Depto.: Felipe  
Varela**  
Localidad:  
Guandacol



### MODELO

Capas Eléctricas	$\rho$ $\Omega.m$	Espesor m	Prof. m
1	167	1,5	1,5
2	296	26,3	27,8
3	64,5	74,6	102
4	89,6	106	208
5	23,8	$\infty$	$\infty$

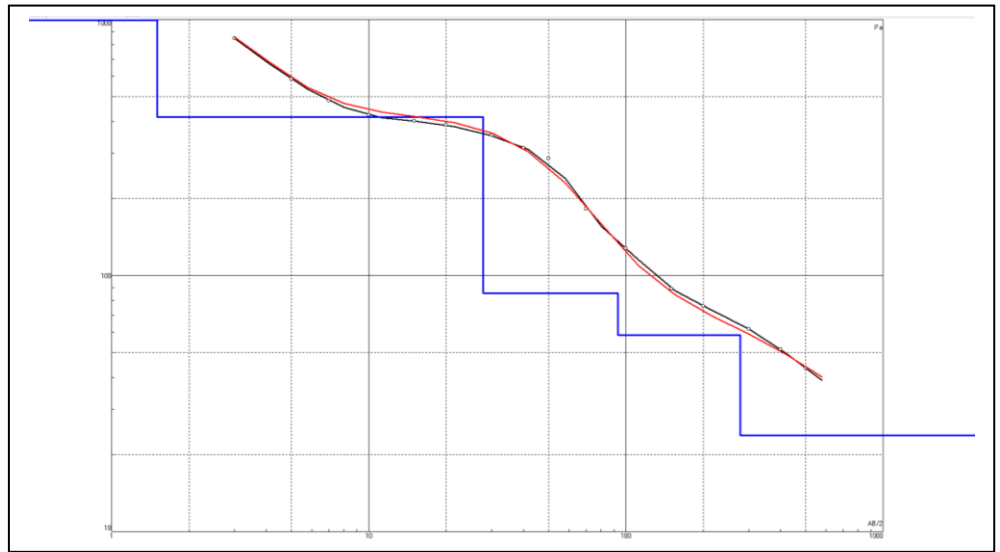
## Procesamiento e interpretación Lic. Daniel del Moral

**SEV 3**

Coordenadas

Geograficas	Gauss Krügger
S 30° 31' 33.54"	X= 2547119.262
W 68°30' 50.20"	Y= 6734298.777

Fecha: Diciembre  
de 2023  
Provincia: La  
Rioja  
**Depto.: Felipe  
Varela**  
Localidad:  
Guandacol

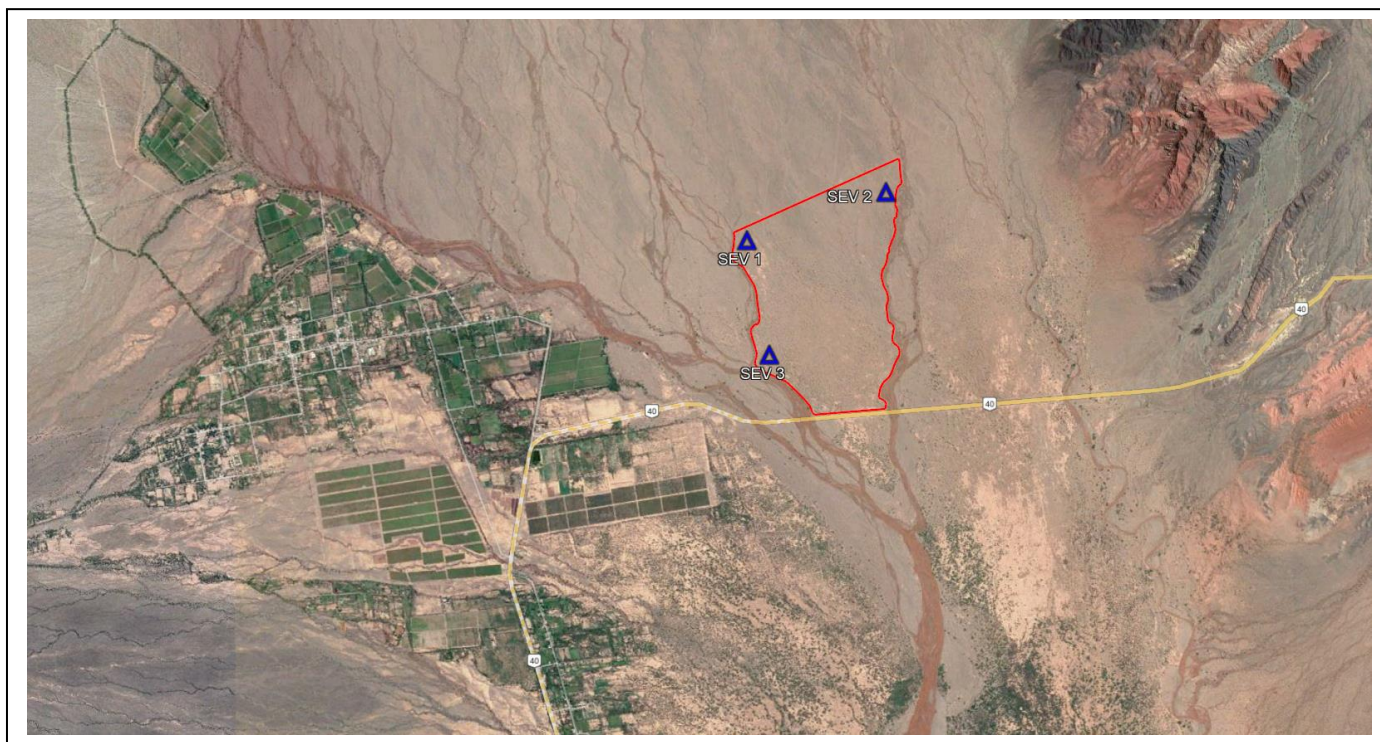


### MODELO

Capas Eléctricas	$\rho$ $\Omega.m$	Espesor m	Prof. m
1	1245	1,5	1,5
2	416	26,3	27,8
3	85,4	65,1	92,9
4	58,5	185	278
5	23,8	$\infty$	$\infty$

## **IMAGEN CON UBICACIÓN DE LOS SEV EN EL PREDIO DE GUANDACOL – PCIA. DE LA RIOJA**

*Diciembre de 2023*



.....  
**LIC. DANIEL E. DEL MORAL**  
**CONSULTOR EN HIDROGEOLOGÍA**  
**TELEDETECCIÓN**

*PROF. TITULAR DE LAS CÁTEDRAS DE TELEDETECCIÓN Y GIS DE LAS  
CARRERAS DE GEOLOGÍA, AGRONOMÍA Y BIOLOGÍA.  
PROF. ADJUNTO DE LA CÁTEDRA DE HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA  
Y GEOMORFOLOGÍA DE LA CARRERA DE GEOLOGÍA  
DE LA UNLAR*