EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO y PREDIO EL BOSQUE MUNICIPIO DE SOPÓ EN EL MARCO DEL CONVENIO 3121 DE 2024".

1. LOCALIZACIÓN

Dentro del Convenio CAR-CONV-INT-3121-2024 se tuvo acceso a la planta de tratamiento con Cédula Catastral No 25758000000000007004400000000 (figura 1) y el predio con Cédula Catastral No. 25758000000000008026300000000 ubicados en el Municipio de Sopó, y fueron escogidos para la realización de dos Sondeos Magnetotelúricos (MT).

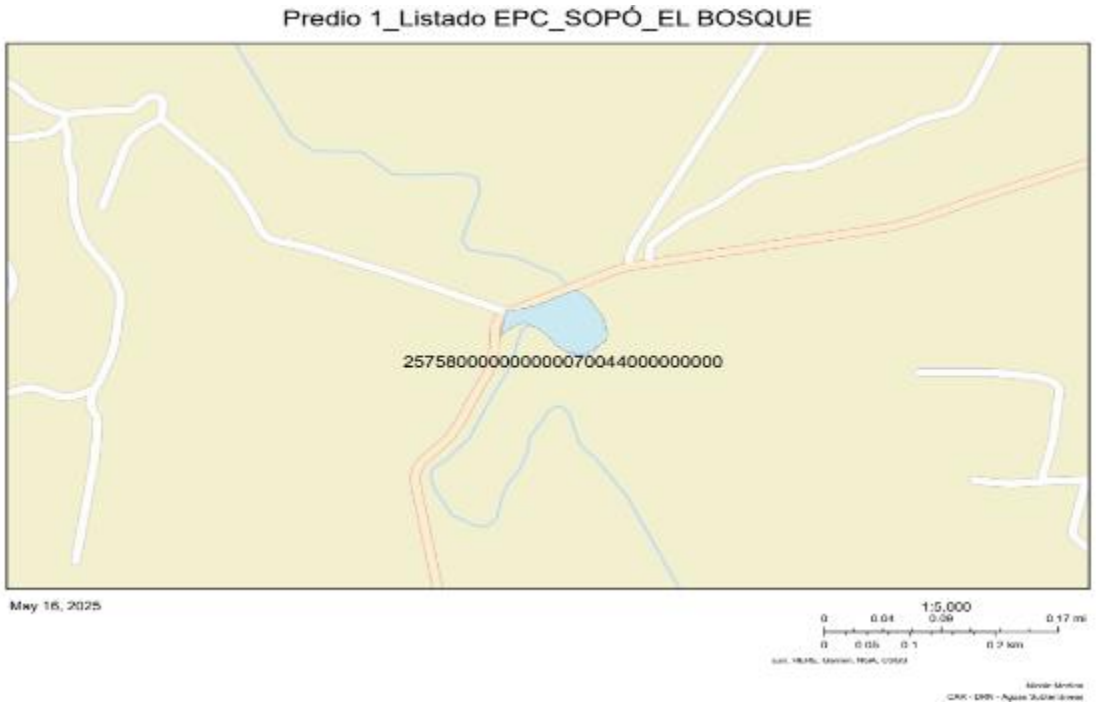


Figura 1. Predio con Cédula Catastral 25758000000000007004400000000 denominado El Bosque



Figura 2. Predio con Cédula Catastral 25758000000000008026300000000 denominado LO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

2. Geología Regional

Litoestratigrafía

El área de influencia del municipio de Sopó está compuesta por rocas sedimentarias de edades que abarcan desde el Cretácico superior hasta depósitos Cuaternarios y recientes (Ingeominas, 1993). Las formaciones representativas se describen brevemente a continuación.

Formación Chipaque (Ksch)

Se manifiesta en el sector oriental de Sopó, específicamente al este de las veredas Buenos Aires y Salitre. Está constituida por lutitas con intercalaciones de lodolita negra y arenisca cuarzosa, por su composición predominantemente arcillosa la geomorfología presenta un relieve suave. Tiene un espesor entre 130 a 200 m (Proyecto Estudio Hidrogeológico en la Periferia de Santafé de Bogotá, 1995).

Grupo Guadalupe

El Grupo Guadalupe se divide de base a techo en las formaciones Arenisca Dura, Plaeners, y Labor y Tierna (Renzoni, 1962).

Formación Arenisca Dura (Kgd)

Aflora al oriente de la localidad de Sopó, específicamente en la vereda de Centro Alto y hacia el sur de dicho municipio. Litológicamente está compuesta por potentes bancos de 2 a 15 m de areniscas cuarzosas de grano muy fino a medio, compactas macizas, duras, buena selección y cemento silíceo intercaladas con arcillolitas, limolitas silíceas y lodolitas con espesores que van desde 130 m hasta 460 m.

Formación Plaeners (Kglp)

Se observa en superficie hacia el oriente y occidente del municipio de Sopó, está conformada por liditas, limolitas silíceas y arcillolitas intercaladas con areniscas blancas a grises, de grano fino. Los espesores característicos de esta formación van desde 30 m hasta 80 m.

Formación Labor y Tierna (Kglt)

Aflora en una extensa zona occidental del municipio de Sopó donde hace parte de los flancos del Anticlinal de los Puentes. Está constituida por cuarzo arenitas blancas de grano fino a conglomeráticas, friables a compactas intercaladas con lodolitas, arcillolitas y liditas. Los espesores de esta formación en el área de estudio están comprendidos entre 100 y 260 m.

Formación Guaduas (Tkgu)

Está constituida por arcillolitas grises y rojizas, intercaladas con areniscas blancas, cuarzosas de grano fino a medio, compactas a friables. El espesor de esta formación abarca desde 120 a 500 m.

Formación Arenisca del Cacho (Tpc)

Está constituida por areniscas blancas, amarillentas y rojizas, cuarzosas de grano medio a conglomeráticas, friables, matriz arcillosa y cemento ferruginoso intercaladas con arcillolitas grises claras, rojizas y violáceas.

Formación Bogotá (Teb)

Constituida por arcillolitas y lodolitas con intercalaciones de limolitas y areniscas de grano variable, arcillosas y friables. La formación Bogotá morfológicamente forma áreas deprimidas, ligeramente onduladas y desgastadas por drenaje.

Formación Arenisca de la Regadera (Ter)

Constituida por una secuencia monótona de potentes bancos de arenisca blanca, cuarzosas de grano fino a medio, localmente conglomeráticas, friables con cemento arcilloso. Morfológicamente se caracteriza por colinas bajas, redondeadas no mayores a 50 m.

Formación Tilatá (QTt)

No se aprecian afloramientos en superficie; la presencia de esta formación fue interpretada por medio de métodos geofísicos y se encuentra suprayaciendo la Formación Guaduas (Proyecto Estudio Hidrogeológico en la Periferia de Santafé de Bogotá, 1995). Conformada por gravas, con matriz arenosa de grano medio y esporádicos lentes de arcillas abigarradas. Hacia la superficie hay intercalaciones de arenas de grano fino con gravas regularmente seleccionadas. La morfología de la Formación Tilatá se presenta como pequeños filos que rellenan valles angostos.

Depósitos de Terraza Alta (Qta)

Están constituidos por arcillas, arenas y gravas. Su morfología es plana con ligeras ondulaciones, corresponde con la expresión morfológica del relleno lacustre de la Sabana de Bogotá.
En el área de estudio los Depósitos de terraza Alta rellenan todo el valle del Río Teusacá y que atraviesa los tres municipios que hacen parte de la zona franca (Sopó, Tocancipá y Gachancipá).

Depósitos Aluviales (Qal)

Constituidos por arenas y limos con escasa matriz arcillosa y esporádicos cantos de limolitas y calizas. Conforman una morfología suave y tienen un espesor promedio de 5 m.

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Existe una sucesión de fallas inversas y pliegues anticlinales y sinclinales hacia el costado oriental y occidental del área de estudio.

Entre las estructuras más importantes se encuentra el Sinclinal de Teusacá, el cual según la plancha 228 del SGC, tiene una dirección Norte – sur y su eje al estar cubierto por sedimentos del Cuaternario ha sido inferido.

El Anticlinal de Sopó de dirección variable, pero en general con una tendencia norte –sur y localizado al sur del municipio de Sopó.

El Anticlinal de Bogotá tiene su eje orientado de N10E; es un anticlinal abierto, subvertical, que presenta un volcamiento hacia el sur posiblemente debido a la Falla de Bogotá. En el núcleo afora la Formación Chipaque al sur y la Formación Arenisca de labor y Tierna hacia el norte.

La otra estructura de importancia corresponde al Anticlinal de Los Puentes y que se localiza al sur occidente del municipio y está afectado hacia el sur por la Falla de La merced, la cual desplaza en la horizontal su eje.

Geología Local Planta de Tratamiento y predio el Bosque – Municipio de Sopó.

Se hace una evaluación de los perfiles geofísicos y geológicos realizados por estudios geológicos que han utilizado información de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) como en los estudios realizados por el Servicio Geológico Colombiano – SGC, 1996 “Estudio Hidrogeológico de la periferia de Santafé de Bogotá y en algunas poblaciones cercanas para abastecimiento de agua” y estudios realizados por la CAR, 2018 “Realizar geofísica de magneto-telúrica, perforación de piezómetros e instrumentación de transmisión satelital para monitoreo en tiempo real de niveles piezométricos y calidad de aguas subterráneas en la cuenca del Rio Bogotá”.

Para la evaluación se tomaron en cuenta sondeos SEV en localizaciones cercanas a los sondeos Magnetoteluricos realizados para evaluar la interpretación dada por el SGC y el estudio de la CAR.

El primer perfil geofísico e interpretación geológica realizado por el SGC, 1996 se localizó hacia el norte del municipio de Sopó (corte A – A´). Este perfil esta descrito a partir de 3 SEV realizados de occidente a oriente, mientras que se localizó el perfil B-B´ hacia la zona central del municipio de Sopó (figura 1, 2, 3).

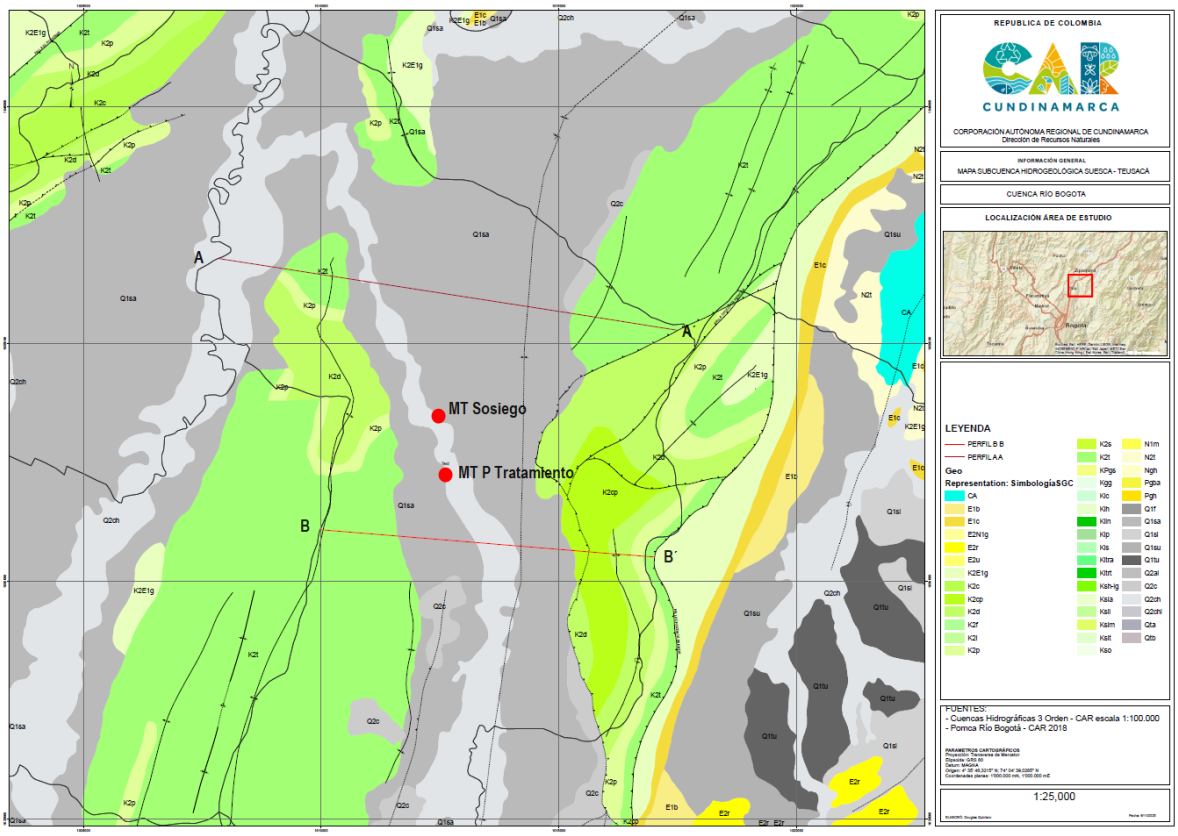


Figura 1. Perfiles sobre municipio de Sopó. Fuente POMCA Río Bogotá, 2019

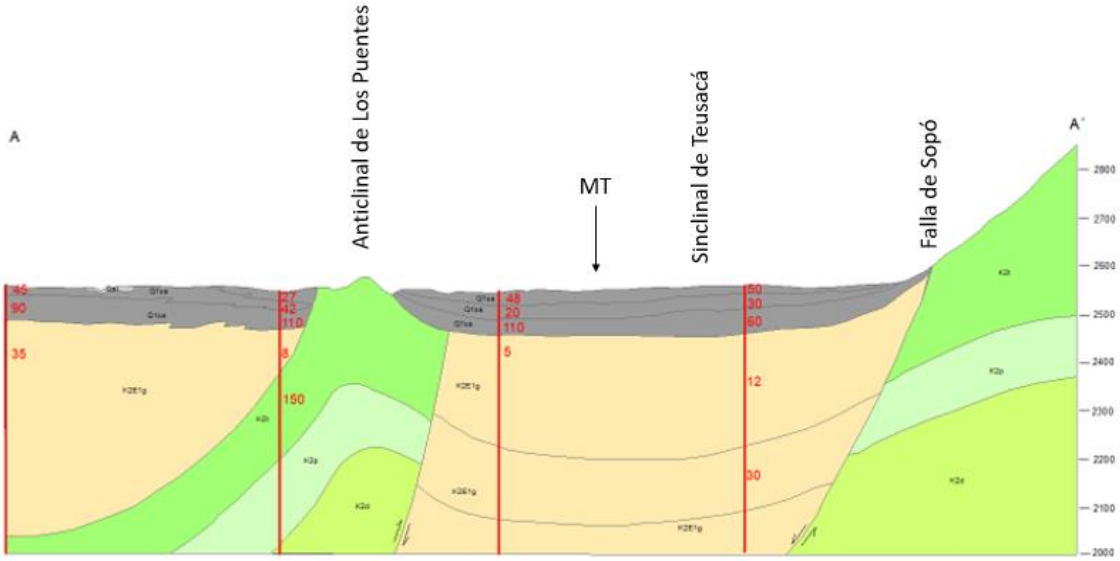


Figura 2. Perfil A-A´. Fuente: Editado de SGC, 1996.

Resistividades entre 20 – 110 Ohmn.m se describen como Cuaternario hasta profundidades promedio de 120 metros que suprayacen rocas de la Formación Guaduas (K2E1g) con resistividades de 5 a 35 Ohnm.m (figura 2).

Por otro lado, el perfil B-B´ realizado a partir de 3 SEV´s presenta resistividades entre 2.5 – 80 Ohnm.m, representadas como capas del Cuaternario y a una profundidad promedio de 50 metros que suprayacen rocas de la Formación Guaduas (K2E1g) con resistividades de 25 a 50 Ohnm.m (figura 3).

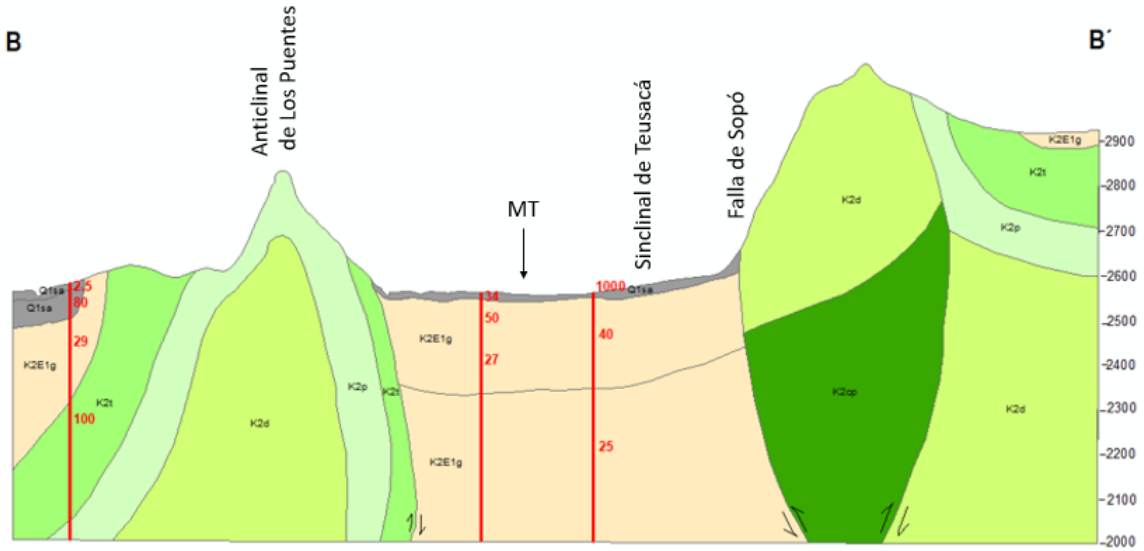


Figura 3. Perfil B-B´. Fuente: Editado de SGC, 1996.

El estudio realizado por la CAR, 2018 describe dos cortes, el primero el corte A- A´ transversal a partir de 3 SEV´s, mientras que el segundo corte longitudinal a partir de 4 SEV´s (figuras 4, 5 y 6).

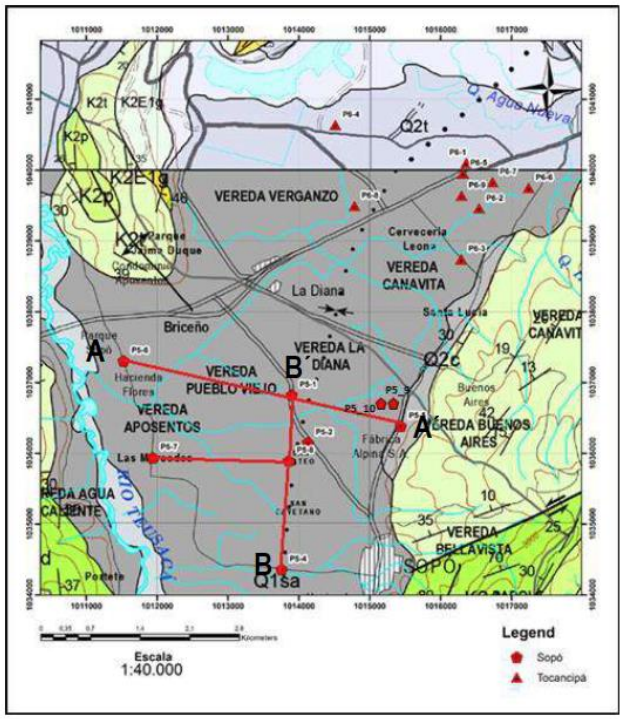


Figura 4. Mapa ubicación perfiles A-A´ y B-B´. Fuente: CAR, 2018.

El perfil A-A´ presenta una delgada capa de depósitos cuaternarios de aproximadamente 15 metros de profundidad con valores de resistividad entre 29 – 74.6 Ohnm.m, suprayaciendo rocas del terciario de las Formaciones Bogotá (E1b) con valores de resistividad entre 46 – 117 Ohnm.m y espesor aproximado de 30 metros y Cacho (E1c) con valores de resistividad entre 27.3 – 66.4 Ohnm.m que tiene una variación de textura de areniscas conglomeráticas hacia el occidente a areniscas hacia el este, estas dos Formaciones tienen un espesor promedio de 85 metros.

La capa subyacente Formación Guaduas (K2E1g) tiene resistividades entre 14-25 Ohnm.m y una inferior descrita como Formación Labor – Tierna (K2t) con resistividades entre 47 – 523 Ohnm.m (figura 5).

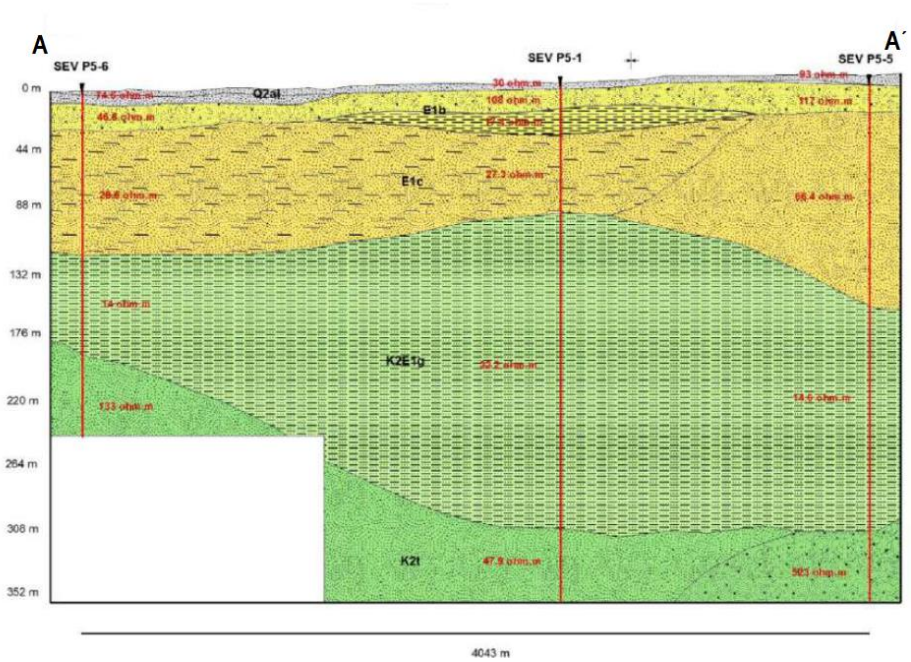


Figura 5. Perfil A-A´. Fuente: CAR, 2018

El perfil B-B´ es longitudinal en el que se describen depósitos del Cuaternario tiene un espesor que varía entre 12 – 40 metros y resistividades entre 11.5 – 57.9 Ohnm.m, suprayaciendo una secuencia sedimentaria de la Formación Bogotá (E1b) con un espesor promedio de 90 metros y variación lateral de textura limolitas a areniscas y resistividades entre 12.7 – 26.6 Ohnm.m, seguida por la Formación Cacho (E1c) con un espesor de 170 metros y resistividades entre 25.2 – 35.7 Ohnm.m (figura 6).

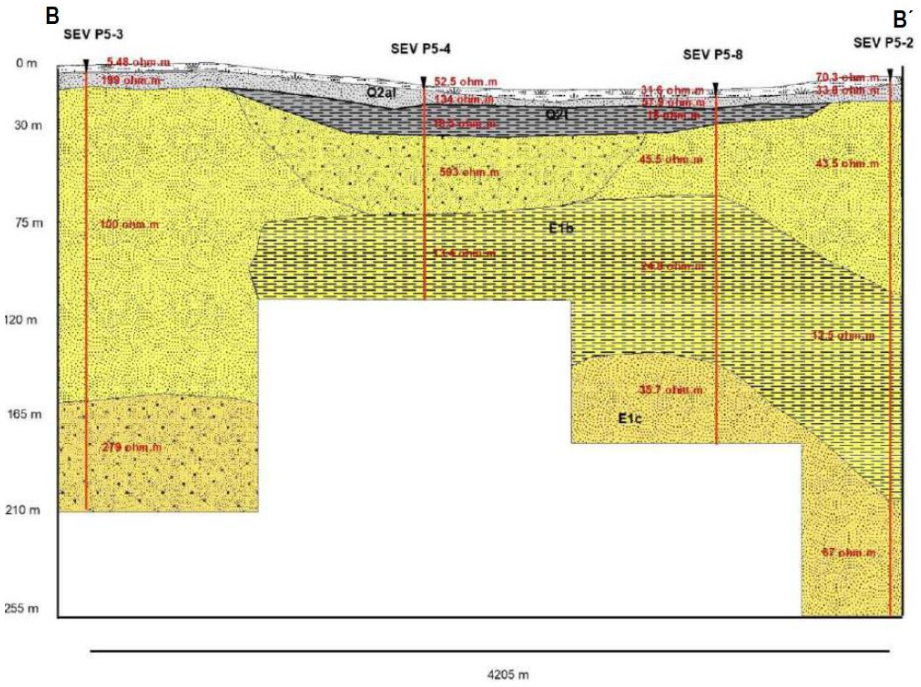


Figura 6. Perfil B-B´. Fuente: CAR, 2018

Evaluación Perfiles Geofísicos e Interpretación Geológica

Perfiles B-B´ SGC y CAR

Mientras que los perfiles del SGC, 1996 tiene espesores aproximados de 122 metros asociados a depósitos del Cuaternario, en los perfiles de la CAR, 2018, el cuaternario solo representa una delgada capa de 25 metros de profundidad.

Por otro lado, los perfiles del SGC, 1996 no presenta rocas del terciario como la Formación Bogotá y Formación Cacho, a diferencia de los perfiles de la CAR que define estas dos formaciones con espesores de 30 y 120 metros respectivamente.

En general, se evidencia que los valores de resistividad para los primeros 130 metros entre los perfiles del SGC y la CAR son muy similares, sin embargo, la CAR describe por debajo de los 25 metros de profundidad limolitas y areniscas a diferencia del SGC que lo describen como arenas y limos.

Las descripciones litológicas de los perfiles realizados por la CAR, 2018 presentan variaciones texturales lateralmente, mientras que en el estudio del SGC, 1996 no hay estas diferencias texturales.

Litología Pozos

Las columnas litológicas (figura 7) fueron relacionadas con la información obtenida por descripciones litológicas de concesiones de aguas subterráneas y se correlacionaron dos probables horizontes: el primero y más superficial compuesto en su mayoría por arcillas y limos con intercalación de arenas, el segundo horizonte compuesto en su mayor parte por arenas e intercalado por delgadas capas de limos y arcillas.

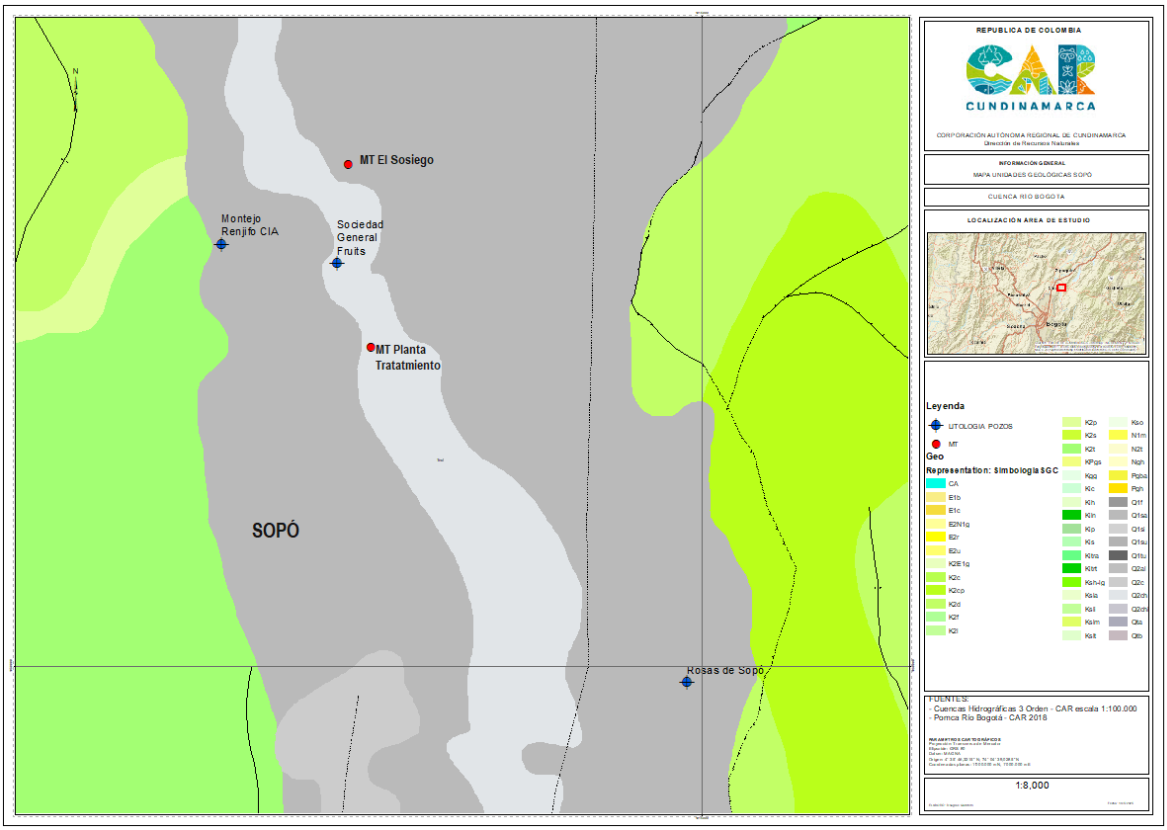


Figura 7. Mapa ubicación perforaciones litológicas cercanas a los sondeos MT

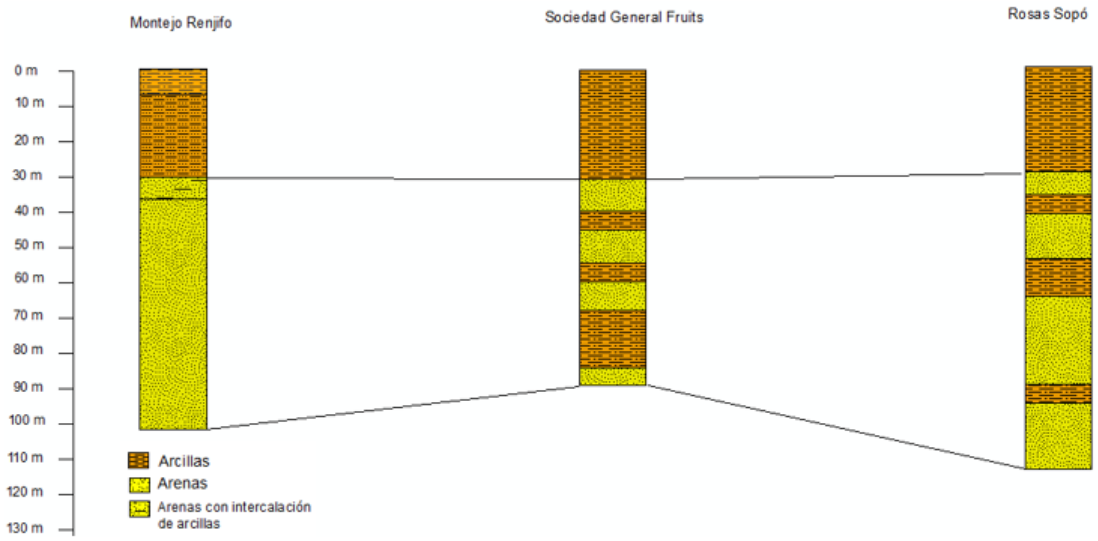


Figura 8. Correlación litología pozos cercanos a los MT

4. HIDROGEOLOGÍA

- **Inventario Puntos de Agua**

De acuerdo con el POMCA del Rio Bogotá, 2019 y el Estudio Regional del Agua - ERA (2004), en la Tabla 1 se presenta el inventario de pozos donde se definen las siguientes condiciones: abandono, en construcción, en uso, obstruido, en monitoreo, como reserva, seco, sellado, sin acceso, sellado o inexistente:

CONDICION DEL PUNTO	POZO	TOTAL GENERAL
ABANDONADO	21	21
EN USO	62	62
OBSTRUIDO	25	25
RESERVA	10	10
SECO	24	24
SIN ACCESO	1	1
SELLADO	2	2
NO EXISTEN	4	4
SIN INFORMACIÓN	18	18
TOTAL		**167**

Tabla 1. Condiciones Puntos de agua. Fuente: Modificado Inventario POMCA Río Bogotá, CAR, 2019.

El 41% de los pozos se encuentran en uso mientras que el 14 % están abandonados y 16% se encuentran secos, cabe resaltar que en el inventario no se identificaron Aljibes ni manantiales dentro del estudio del POMCA Río Bogotá.

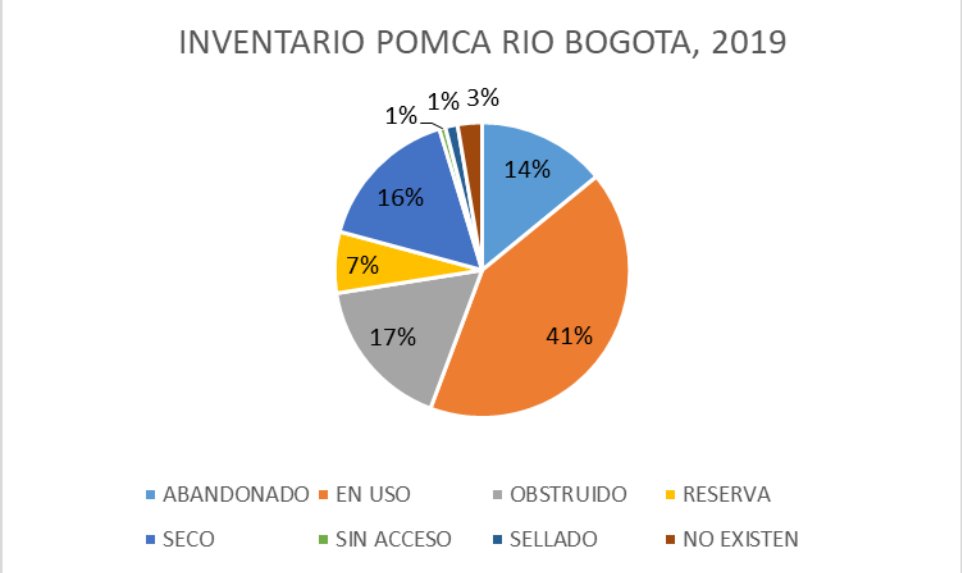


Figura 6. Porcentaje de pozos según su estado

- **Concesiones de Aguas Subterráneas**

La CAR cuenta con 87 concesiones de aguas subterráneas en el municipio de Facatativá, 13 de ellas captan depósitos del Cuaternario, 18 de la Formación Guaduas y 56 del Grupo Guadalupe.

En cuanto a los usos principales 61 concesiones se adjudicaron para uso agropecuario, 19 para uso doméstico y 7 para uso industrial.

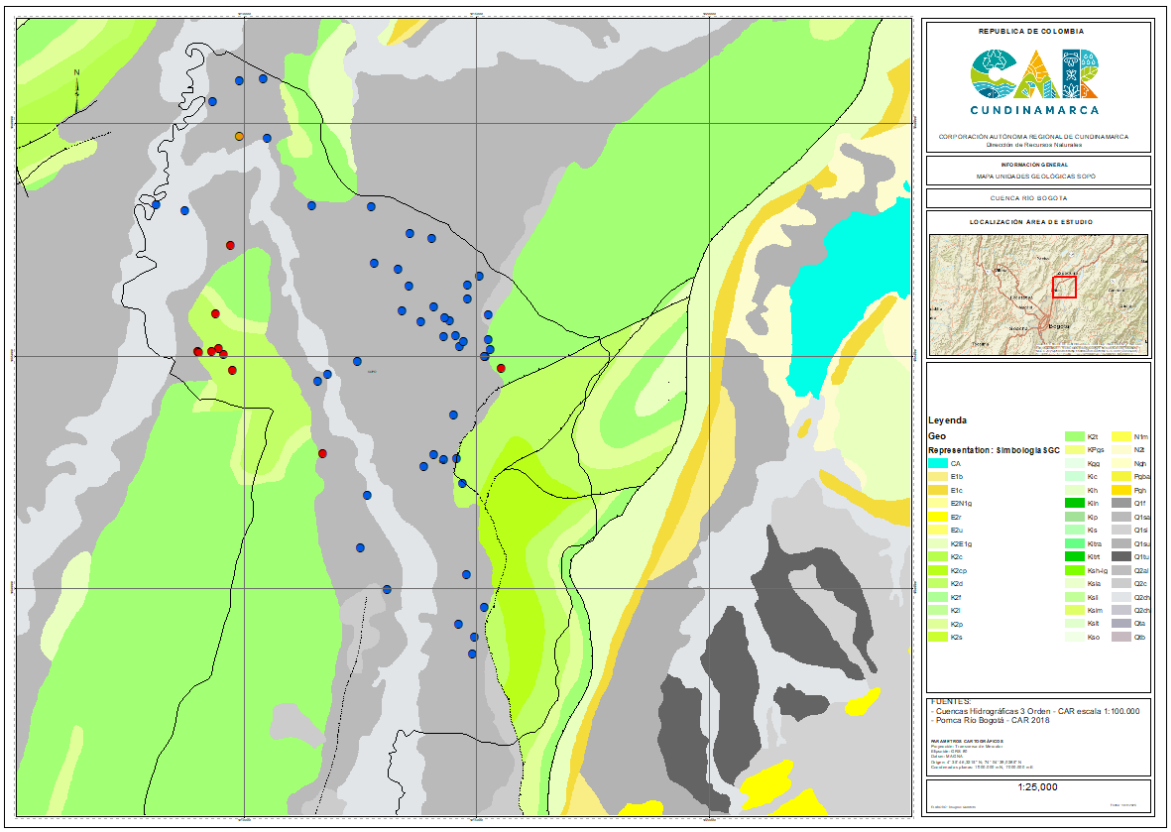


Figura 8. Concesiones de aguas subterráneas según el acuífero que captan. Fuente: CAR

ACUIFERO CAPTADO	CONCESIONES	CAUDAL TOTAL L/S
CUATERNARIO	49	145.3
GUADUAS	1	8.31
GUADALUPE	10	56.2

Tabla 3. Concesiones de aguas subterráneas y acuífero captado.

USO PRINCIPAL	CONCESIONES
AGROPECUARIO	37
DOMESTICO	8
INDUSTRIAL	15

Tabla 4. Concesiones de aguas subterráneas y usos principales.

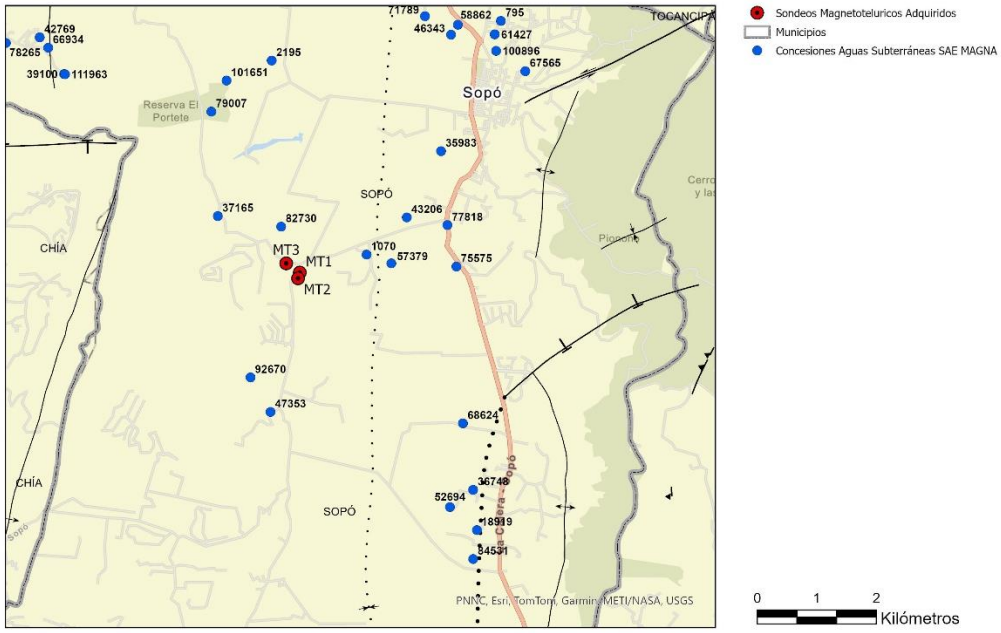


Figura 9. Concesiones de aguas subterráneas cercanas al area de interés

- **Características Hidráulicas**

Con base en información técnica de concesión de aguas subterráneas mediante la plataforma SAE se revisaron 72 expedientes de los cuales se encontraron 24 pozos dentro del municipio de Sopó con información de propiedades hidráulicas (conductividad hidráulica). Se incluyeron 4 datos dentro del municipio de Tocancipá que por su cercanía y por el hecho de compartir el mismo acuífero son relevantes para la evaluación de la conductividad hidráulica.

Doce (12) puntos presentaron valores de conductividad hidráulica menor a 1 como los pozos de cerámicas San Lorenzo, El Sosiego o Hacienda el Edén, y con profundidades entre 56 metros y 299 metros, mientras que los valores más altos de conductividad hidráulica se encuentran entre 7.7 y 24.5 m/día, siete pozos tienen un valor medio entre 1.2 y 4.6 m/día. Los MT se encuentran cerca de pozos con valores inferiores a 1 m/día

Espacialmente las mayores densidades de valores fueron obtenidas hacia el norte del municipio de Sopó, además en esta área se encuentran los mayores valores de conductividad hidráulica y los pozos perforados a mayor profundidad (figura 10). Así mismo, la menor densidad de puntos se presentó hacia el este y sur-oeste del municipio, hacia el sur solo se pudo obtener un valor de conductividad hidráulica en el pozo Hacienda el Edén y que coincide con el menor valor de conductividad hidráulica, 0.051 m/día y una profundidad de pozo de 65 metros.

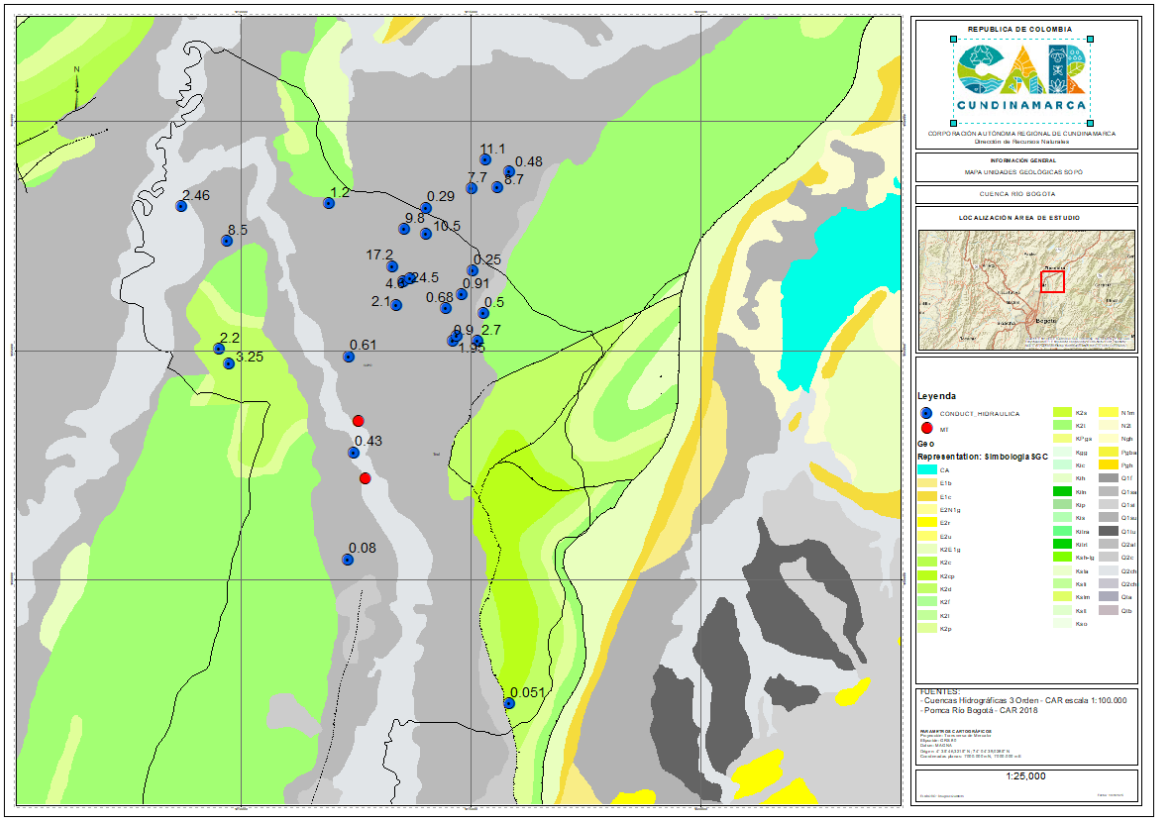


Figura 10. Ubicación de parámetros hidráulicos cercanos a los sondeos MT

5. ADQUISICION GEOFISICA

Se realizo la adquisición de tres sondeos magnetotelúricos, dos (2) en los predios suministrados por EPC y un tercero en el predio vecinal para soporte técnico (Ver tabla 5 y Figura 11)

ID	X	Y
MT1	1012718.6	1032203.5
MT2	1012696.47	1032130.69
MT3	1012547.88	1032319.55

Tabla 5. Coordenadas de los sondeos Magnetotelúricos

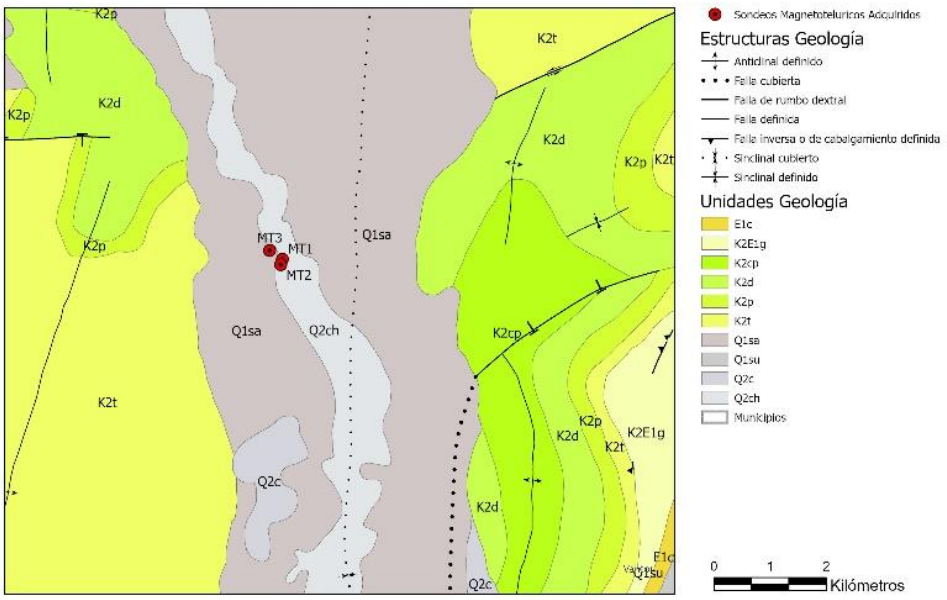


Figura 11. Ubicación de sondeos Magnetoteluricos

El método utilizado para este levantamiento corresponde a la técnica de sondeo magnetotelúrico (MT), el cual es utilizado para mapear la variación espacial de la

resistividad terrestre; mediante la medición de los campos eléctrico (E) y magnético (H), en dirección ortogonal (90°) en la superficie terrestre. Como el medio para determinar la conductividad de las estructuras de la tierra. Los espectros de estas variaciones cubren rangos de periodos que abarcan segundos hasta días de medición, con una profundidad de estudio desde algunas decenas de metros hasta varios cientos de kilómetros (Simpson, 2005).

Las variaciones en los campos electromagnéticos originados en la ionosfera o magnetosfera son medidas en la superficie terrestre, con el fin de inferir la impedancia o resistencia aparente característica en función de la profundidad. Este método mide simultáneamente el campo eléctrico y el campo magnético, así las cosas, se obtienen dos componentes magnéticos y dos componentes eléctricos, los cuales se relacionan linealmente y como resultado se obtiene una relación llamada impedancia, que permite conocer los cambios de conductividad eléctrica en el subsuelo.

Para realizar el monitoreo es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La estación se localizó en un área lo más plana posible y alejada de cambios abruptos de pendiente, con unas dimensiones mínimas de 50x50 metros para la adecuada extensión e instalación de los dipolos que registran el campo eléctrico.
- La estación se ubicó alejada de fuentes de ruido electromagnético como líneas de corriente, cercas eléctricas, viviendas, paso de vehículos, vías férreas, generadores o cualquier otra fuente.
- En lo posible no se ubicaron bobinas ni los electrodos cerca de árboles.
- La logística de traslado y montaje de las estaciones fue de la siguiente manera un grupo integrado por un operador y tres auxiliares los cuales ayudaron en la instalación y vigilancia del equipo, una vez se realizó el

montaje de una estación, esta se programó para medir tres horas continuas las altas y bajas frecuencias

- Se consideró los atributos geométricos de las unidades geológicas (espesor y buzamiento) y dimensiones esperadas de los elementos a interpretar a partir de los modelos de resistividad, para establecer la distancia óptima entre estaciones de medida.
- Posicionamiento de los electrodos: Posterior a la ubicación de la dirección de la línea, se ubican los electrodos Ex+, Ex-, Ey+ y Ey-, con una distancia entre ellos, llamada dipolo eléctrico, predefinido en la planeación del monitoreo. Es importante mencionar que la ubicación del electrodo Ex- es primordial, ya que la dirección en la que se ubica este, es la dirección de la línea de muestreo, se observa el esquema del tendido MT en la ilustración 3.
- Posicionamiento de los sensores magnéticos Los sensores magnéticos se deben situar de manera ortogonal, ubicándose de manera paralela al dipolo eléctrico respectivo, para X y para Y. Además, estos sensores se deben enterrar a 15 cm aproximada y posteriormente cubiertos con el material del mismo suelo. Lo anterior, debido a que de esta manera se evita ruido ambiental, motores en funcionamiento, líneas de alta tensión, mallas eléctricas, tránsito de vehículos y/o cualquier actividad que perturbe la calidad de la toma de datos. Figura 12.

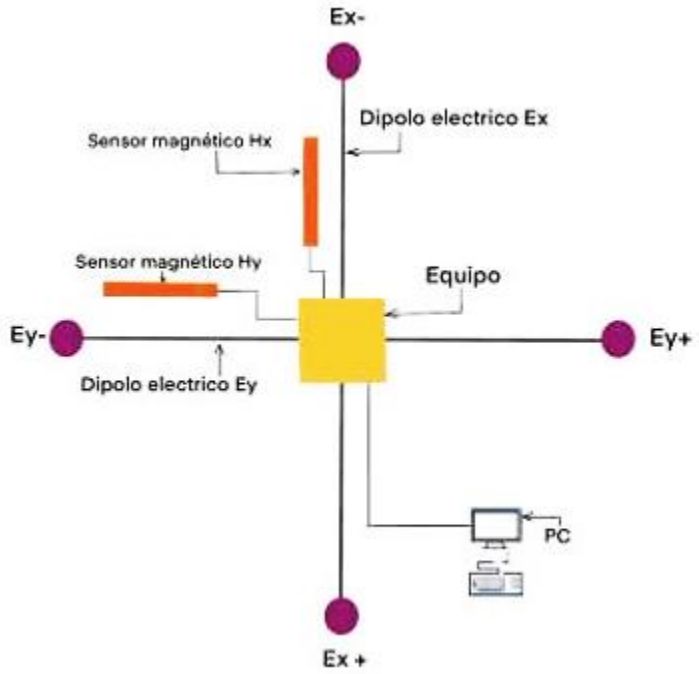


Figura 12. Posicionamiento de los electrodos

La configuración de los sondeos realizados con el equipo Geode EM3D de la DLIA desarrollados en la zona de estudio, una distancia de dipolo eléctrico de 50 mts. Una vez en campo los operarios realizaron el posicionamiento de los electrodos y los sensores magnéticos, conexión de cables y demás dispositivos inmersos en el monitoreo, siguiendo de manera detallada la planeación previa. Antes de realizar el monitoreo, se configura el sondeo en el software, ingresando los datos relevantes de este. Seguidamente se realiza una prueba donde el software verifica la conexión de los electrodos y los sensores magnéticos, en caso de que no se visualice señal alguna, se verifican las conexiones y se vuelve a hacer esta prueba. Posterior a una prueba “ok” se inicia el monitoreo, donde se ingresa el tiempo que se va a realizar la captura de datos.

- **Procesamiento y generación de resultados**

Para el procesamiento de datos obtenidos con la técnica de sondeo magnetotelúrico se utilizaron 3 software: Geode Mtpro, Scs2d y Modsect, en los que se llevaron a cabo diferentes etapas de procesamiento y visualización de los datos.

Inicialmente fueron eliminados los datos que presentaron inconsistencias evidenciadas en la no continuidad de la frecuencia de medición registrada, proceso desarrollado en el software Geode Mtpro. En dicho procesamiento se realiza una revisión de todo el registro de medición, identificando inconsistencias de interrupción en la frecuencia, para posteriormente eliminar los datos que presentan esta característica. A partir de allí, un nuevo archivo (con datos inconsistentes excluidos) es generado y exportado en formato .gts. Posteriormente, estos datos se cargan en el software Mtpro, donde son compilados. En este software es posible apreciar diferentes gráficas tales como resistividad aparente e impedancia, en las cuales se evidencian características de consistencia de los datos. Los datos se pueden exportar de manera individual, para cada monitoreo o compilados en formato con extensión .AVG.

Luego, el formato con extensión. AVG es usado en el software Scs2d, adicionando algunos datos solicitados como grado azimut (establecido en los sondeos), distanciamiento entre sondeos y longitud del dipolo. De esta manera el software emite unas gráficas en las que se visualiza la ubicación de los sondeos así como el grado azimut de la línea 2D; finalmente se realiza el proceso de inversión de los sondeos.

El proceso de inversión consiste en la generación de un modelo que se ajusta a un conjunto de datos utilizando un algoritmo, en este caso, el método de inversión empleado en el software Scs2d es el Occam y ABIC. Este algoritmo calcula los

valores anómalos y los compara con los valores medidos. Luego, modifica dichos valores hasta lograr que los datos de resistividad aparente se ajusten lo más cercanamente posible a los valores de resistividad obtenida en campo; este algoritmo es llamado algoritmo iterativo de prueba y error.

El archivo de inversión generado se guarda en formato .mtm. Luego el archivo con extensión. mtm es cargado en el software Modsect en donde es posible configurar diferentes parámetros de visualización, así como escala en el eje vertical y horizontal lo cual depende de las preferencias y necesidades de análisis.

Finalmente, se genera la gráfica con valores de resistividad sobre el perfil 2D de acuerdo con lo configurado por la persona que desarrolla el procesamiento.

A continuación, se presenta el perfil de resistividades generado, tomando en consideración el procedimiento descrito anteriormente. Donde se presenta el sondeo realizado a altas frecuencias, pues éste atiende el objetivo del monitoreo realizado los días 15 y 19 de mayo del 2025, el cual consiste en caracterizar las rocas a baja profundidad y para la interpretación de los datos obtenidos se tuvo en cuenta la geología regional, la gráfica de resistividades Figura 13.

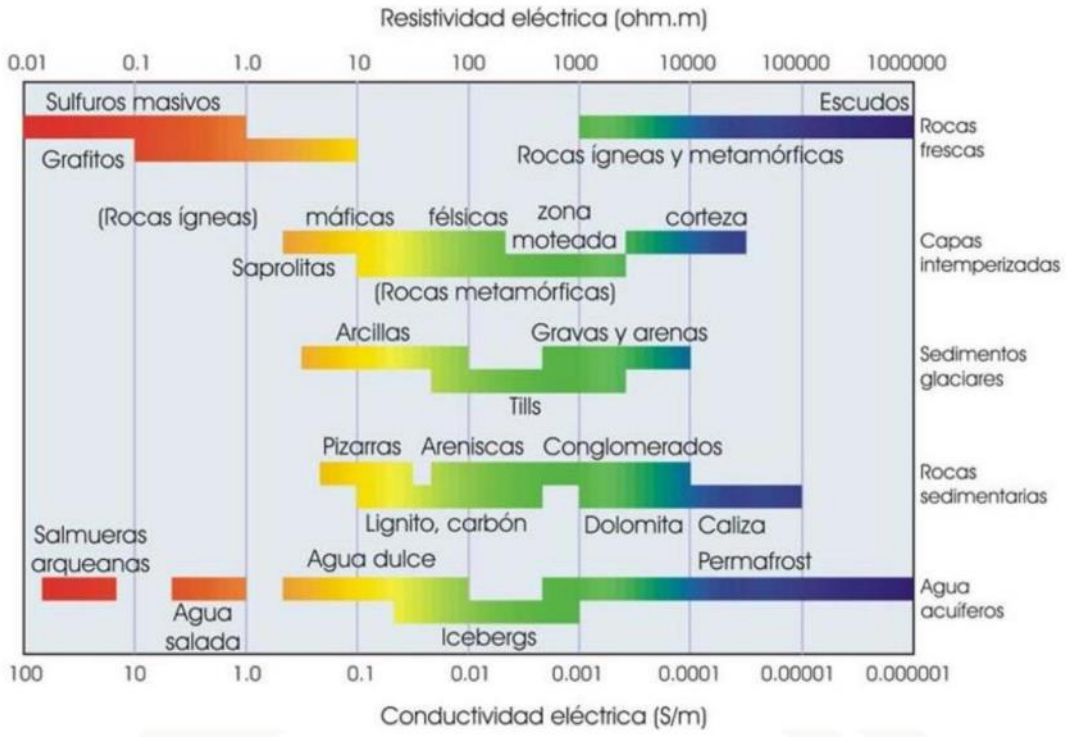


Figura 13. Grafica de valores de resistividad y conductividad de materiales en el Subsuelo. Fuente: Arango 2005 adaptado 2005 adaptado de Palackyu, 1987

Interpretación del Sondeo magnetotelúrico general

El perfil de resistividad Figura 14 se extiende desde la superficie 2600 m de elevación hasta 500 m de elevación, y revela zonas geofísicas distinta.

En la escala del modelo, los tonos rojizos y naranjas están en la parte baja de la barra, lo que corresponde a valores cercanos a 10 Ω·m, los tonos azules oscuros están en la parte superior de la barra, asociados a resistividades altas (≈1000 Ω·m o más).

En general, los niveles más superficiales (2600–2400 m) presentan depósitos cuaternarios con arenas y gravas parcialmente saturadas, asociados a acuíferos libres o semiconfinados con agua dulce. A medida que aumenta la profundidad, los materiales se vuelven más compactos y menos porosos, pasando por areniscas y limolitas con baja saturación (2300–2200 m), lo que indica zonas de transición con menor capacidad acuífera. Entre 2200–2000 m se observa alternancia de arenas y arcillas, con buena capacidad de almacenamiento en acuíferos semiconfinados. Por debajo de 2000 m, la presencia de arcillas aumenta, disminuyendo la permeabilidad y favoreciendo el confinamiento. Finalmente, los niveles más profundos (1800–1500 m) corresponden a arcillas saturadas o acuíferos confinados con alta conductividad y posible contenido salino, lo que sugiere acuíferos profundos menos aptos para agua dulce

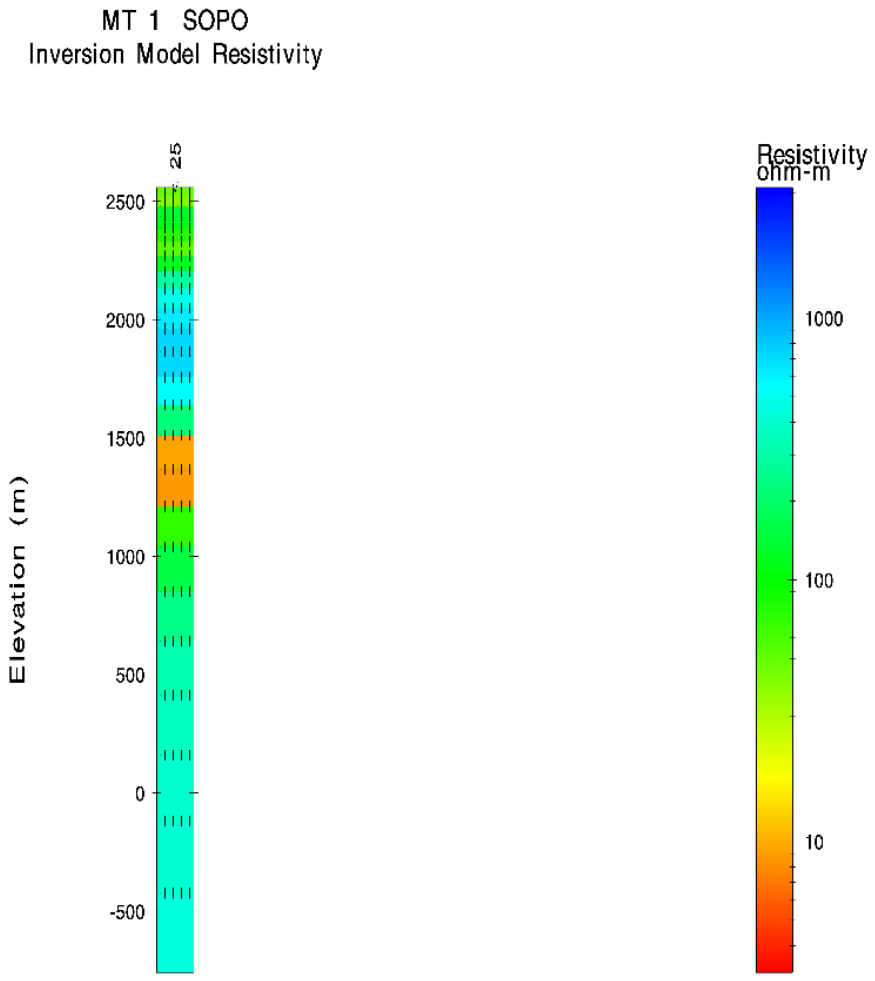


Figura 14. Valores de resistividad del sondeo magnetotelúrico columna generalizada

Realizando un detalle de los primeros 1500 metros aproximadamente se representaría en la figura 15, dado lo anterior tenemos que existe un alto potencial hidrogeológico en el area entre la cota de 2600 y 1800 metros

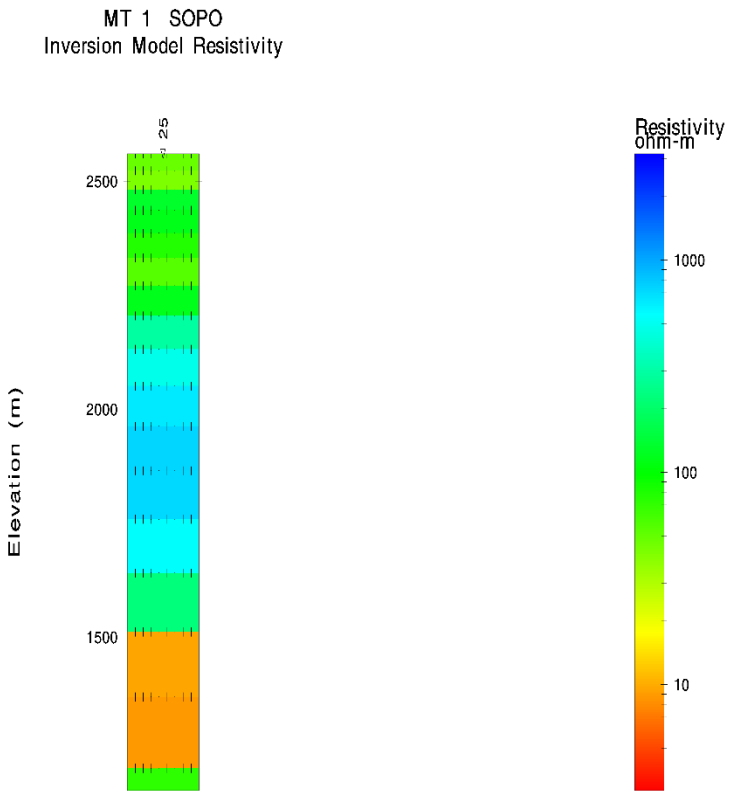


Figura 15. Valores de resistividad del sondeo magnetotelúrico primeros 1600 metros.

6. CONCEPTO TECNICO

En general, sí existe un alto potencial hidrogeológico en los niveles superiores (2600–2000 m), donde predominan arenas y gravas con buena capacidad de almacenamiento y agua dulce. Sin embargo, el potencial disminuye significativamente en los niveles más profundos (por debajo de 2000 m) debido a la mayor presencia de arcillas (Figura 15)

Es de suma importancia que cuando se ubiquen a las coordenadas definitivas del pozo, se verifique la necesidad o no del trámite de ocupación de cauce ante la CAR.

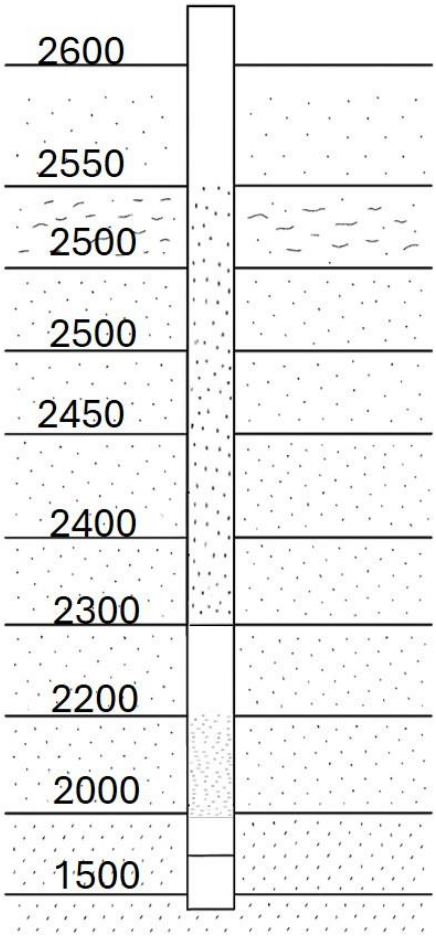


Figura 15. Prediseño del Pozo