

Análisis Del Sub-Suelo Mediante Polarización Inducida Y Resistividad Para La Detección De Estructuras Minerales En La Vereda Santa Lucia - Cauca

Miguel Antonio Ávila Angulo

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Cundinamarca, Colombia, maavila@udistrital.edu.co

Luis Manuel Reales Maestre

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia, manureales@hotmail.com

Jaime Antonio Benítez Forero

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Cundinamarca, Colombia, jbenitez@udistrital.edu.co

RESUMEN

El trabajo aborda la geofísica aplicada para la identificación de una anomalía geofísica, es decir la detección de características del subsuelo con técnica no invasiva. Teniendo en cuenta que una anomalía geofísica se refiere a la respuesta dada por distintos campos físicos en el área de potencial interés exploratorio o desarrollo de recursos. Las anomalías pueden significar el descubrimiento de una formación geológica apta para la exploración industrial y la acumulación de minerales en el lugar posiblemente compatible con la presencia de mineralización de cobre. Teniendo en cuenta las técnicas geofísicas, se busca identificar y observar las distribuciones geológicas que se encuentran a diferentes profundidades, mediante algunos parámetros físicos como la conductividad, que se puede obtener por medio de algunos métodos eléctricos como la resistividad y la polarización inducida con la cargabilidad. La finalidad es la obtención de imágenes de la distribución de impedancia eléctrica del subsuelo a partir de medidas realizadas desde la superficie, centrado en la localización de minerales a cierta profundidad. Los resultados permitirán caracterizar las zonas anómalas más importantes, es decir zonas de alteración en las que se pueden encontrar sulfuros asociados a pórfido de cobre, de acuerdo a los parámetros de resistividad y cargabilidad.

Palabras clave: Anomalía geofísica, Cargabilidad, Conductividad, Métodos eléctricos, Polarización inducida , Resistividad.

ABSTRACT

The paper talks about the geophysics applied to the identification of a geophysical anomaly, that's to say the detection of subsurface features with non- invasive technique. Knowing that a geophysical anomaly refers to the response of different physical fields in the area of potential exploration interest or resource development. Anomalies result from the discovery of a suitable geological formation for industrial exploration and mineral buildup in a likely supporting place with copper mineralization. Finding the use of geophysical techniques, to identify and observe the geological distributions at different depths, using some physical parameters such as conductivity, which can be obtained through some methods such as electrical resistivity and induced polarization chargeability. The purpose is to obtain images of the distribution of electrical impedance of the ground from measurements made from the surface, centered on the location of mineral deeply. The results allow to characterize the most important, that are altered in areas that can be found associated with porphyry copper sulfide anomalous zones, according to the parameters of resistivity and chargeability

Keywords: geophysical anomaly, loadability, Conductivity, Electrical methods, induced polarization, resistivity

1. MARCO TEÓRICO

Las rocas del subsuelo, las estructuras, los fluidos, los minerales, la temperatura, la radioactividad y otras características geológicas pueden ser estudiadas mediante la determinación indirecta de propiedades físicas medidas con instrumentos y sus resultados interpretados con procedimientos matemáticos adecuados. Los métodos geofísicos de investigación del subsuelo son un conjunto de técnicas instrumentales de operación de campo y de interpretación de resultados. El objetivo que se persigue con su empleo es predecir la estructura geológica del subsuelo, ya sea para la exploración de sustancias de importancia económica o para la definición de situaciones que interesan a los proyectos de ingeniería, (Arce, 2004).

Las propiedades físicas de las rocas que usualmente se miden en geofísica son: densidad, susceptibilidad magnética, propiedades eléctricas (actividad electroquímica, electrocinética, conductividad, capacidad dieléctrica), elasticidad, radioactividad, temperatura. Para cada una de ellas han sido desarrolladas técnicas de medición, procesamiento de datos e interpretación, (Arce, 2004).

1.1 ESTUDIOS RELACIONADOS A NIVEL LOCAL

El instituto colombiano de geología y minería (Ingeominas) elaboró varios estudios (León, 1973; Marulanda, 1976 y 1978). Posteriormente a principios de la década de los 80's Ingeominas realizó un convenio con la Japón Internacional Cooperation Agency (JICA) quienes entre los años 1985 y 1987 realizaron una serie de investigaciones geológicas, geoquímicas y geofísicas en el área denominada Almaguer, en la cual se encuentra el área de estudio. El proyecto forma parte de un distrito minero cuyas actividades son conocidas de décadas atrás, se ha explotado oro en la zona y en el Río Patía. Además se ha explotado artesanalmente en la vereda La Calixta, en la orilla de los ríos Pancitara y Putis y en el sector de Dominical se explotó, a pequeña escala, extrayéndose solo las partes aflorantes.

2. MÉTODOS GEOFÍSICOS ELÉCTRICOS

Los métodos geoelectrónicos, estudian el comportamiento de una corriente eléctrica cuando ésta atraviesa el suelo. Pueden dividirse en dos grupos: los métodos de campo natural y los de campo artificial. La diferencia entre ambos radica que los primeros se utilizan las corrientes naturales existentes en el subsuelo, en tanto que en los segundos es necesario generar pulsos de corriente artificialmente. En el primer grupo se encuentra el método de potencial espontánea y en el segundo el método geoelectrónico o resistivo, de polarización inducida por medio de análisis de la cargabilidad. (Howell, 1962). Los métodos geofísicos se basan en la respuesta que tienen las rocas en base a sus diferentes propiedades físicas frente a diferentes procesos físicos (propagación de ondas, diferencia de masa, campo magnético generado, resistividad eléctrica, cargabilidad eléctrica). Generalmente, estas propiedades dependen de la mineralogía de las rocas, por lo que en base a los minerales que se busque detectar, se determinará el método a utilizar. (Departamento de Geología, 2002)

Los métodos eléctricos emplean una variedad de mediciones de los efectos del flujo de corriente eléctrica dentro de la Tierra. Los fenómenos que se pueden medir incluyen el flujo de corriente, el potencial eléctrico (voltaje), y los campos electromagnéticos. Un resumen de los más conocidos métodos se da a continuación.

- La resistividad: método activo que emplea las mediciones de potencial eléctrico asociado con el subsuelo y el flujo de corriente eléctrica generada. Los factores afectan el potencial medido, y así se puede asignar utilizando este método, este incluye la presencia y la calidad de los fluidos de poro y arcillas.
- Polarización inducida (IP): es un método activo que se suele realizar junto con resistividad. Se emplea para mediciones de las variaciones transitorias en el potencial. Se ha observado que cuando se aplica una corriente a tierra, el suelo se comporta como un condensador, almacenando parte de la corriente aplicada

como una carga que se disipa después de la retirada de la corriente. En este proceso, tanto los efectos capacitivos y electroquímico son responsables. La polarización inducida se utiliza comúnmente para detectar concentraciones de barro y granos metálicos conductores de la electricidad mineral.

- **Potencial Espontaneo (SP):** Es un método pasivo que emplea la medición de potenciales eléctricos naturales comúnmente asociados con la erosión de los cuerpos de mineral de sulfuro. Medibles potenciales eléctricos se han observado también en asociación con el flujo de agua subterránea y ciertos procesos biológicos. El único equipo necesario para llevar a cabo una encuesta en potencial espontaneo es un voltímetro de alta impedancia y algunos medios de hacer un buen contacto eléctrico con el suelo. (Alan, Mussett, & Aftab, 2000)

2.1 SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

La finalidad de una prospección geoelectrica es conocer la forma, composición y dimensiones de estructuras o cuerpos inmersos en el subsuelo a partir de medidas en la superficie. Mediante la prospección geoelectrica se consigue trazar una cartografía de resistividades aparentes del subsuelo que dan información sobre las estructuras que subyacen en él. Las prospecciones de este tipo se dividen generalmente en dos tipos; sondeo eléctrico vertical (SEV) y calicatas eléctricas (CE)

El sondeo eléctrico es una serie de determinaciones de resistividad aparente, efectuadas con el mismo tipo de dispositivo y separación creciente entre los electrodos de emisión y recepción. Cuando el dispositivo empleado es simétrico, o asimétrico con un electrodo en “el infinito”, y durante la medición permanecen fijos el azimut del dispositivo y el centro del segmento MN.

2.1.1 SONDEO POLO A POLO

Este arreglo utiliza para la medida un electrodo de potencial y uno de inyección de corriente. Otro par de electrodos, uno de potencial y otro de corriente que se utilizan como referencia y se colocan al menos diez (10) veces la distancia entre los electrodos de medición. Esto simula que la referencia sea en el “infinito”. Las configuraciones que requieren menor margen dinámico son polo-polo y la Schlumberger. En cambio el margen dinámico requerido por la configuración doble dipolo puede resultar demasiado exigente.

$$\rho = 2\pi \frac{V}{I} a \quad (1)$$

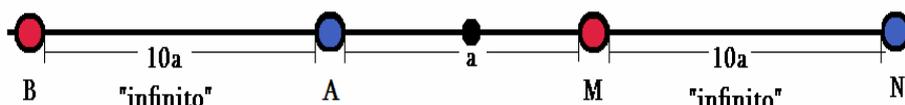


Figura 1. Distribución del sondeo eléctrico Polo a Polo.

Este será el utilizado en el levantamiento para obtener las imágenes de la resistividad y polarización para el área de estudio buscando la detección de anomalías. Para obtener imágenes tridimensionales de la distribución de resistividad del subsuelo se necesita incrementar el número de medidas. El procedimiento adoptado será repetir las configuraciones anteriores a lo largo del eje y. Las configuraciones se repiten a lo largo del eje perpendicular al vector de electrodos con el fin de obtener imágenes tridimensionales de la distribución de resistividad en el subsuelo.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 ANÁLISIS DE LA ZONA DE ESTUDIO

El método de polarización inducida se realiza por lo general en áreas no urbanas y alejadas de posibles interferencias ya que es muy sensible al ruido, corrientes que se podrían filtrar en la zona de estudio, estas afectarían las lecturas de caídas de potencial, tales corrientes no deseadas pueden ser producidas por torres de alta tensión, maquinaria pesada trabajando cerca o explosiones por detonación en caso de la cercanía de una mina. Hay casos donde estas condiciones requeridas para el uso de este método no son garantizadas, para contrarrestar esta situación se hace un estudio profundo previo o sondeos breves del área de trabajo para observar los niveles de ruido y respuesta de los instrumentos a emplear. Para satisfacción del proyecto en cuestión se da una vía libre ya que en el área no se encuentra ninguna actividad ni equipos de manejo pesado que influyan en la toma de los datos.

3.2 UBICACIÓN MALLA GEOFÍSICA

Una malla geofísica es un conjunto de líneas que en su mayoría son paralelas entre sí y forman un área determinada, por estacado a la señalización de cada punto en las líneas propuestas dentro de la malla de estudios. La distancia entre punto y punto dentro de las líneas, donde luego se instalaran electrodos, dependerá de la resolución deseada. La separación entre las líneas varía con el tamaño de yacimiento que se espera encontrar por debajo del suelo, por lo general entre 100 y 200 m.

3.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS LÍNEA GEOFÍSICAS

Las líneas geofísicas se realizan en esta zona después de haber realizado un estudio geológico previo por la compañía JICA en 1985 donde encontraron anomalías asociadas a pórfidos de cobre, en el área de estudio también se realizaron muestreos sistemáticos de roca, que llevaron a deducir la anomalía principal donde se encuentra una gran posibilidad de un sulfuro diseminado cuyos valores encontrados son de gran interés. Esto lleva a la conclusión de plantear nueve (9) perfiles NW-SE con una longitud acumulada de 13300m. Sobre el área de mayor adquisición de datos con valores relevantes de alteración. El levantamiento consistió en realizar perfiles NW-SE, con un receptor que obtiene mediciones de potencial espontáneo simultáneas al de resistividad y cargabilidad para las nueve penetraciones.

4. ADQUISICIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

La técnica de progresión de campo empleada en el levantamiento consistió en series de lecturas tomadas cada 50m, a lo largo de las líneas. Para conseguir penetraciones variables se utilizó la configuración de electrodos Polo-Polo, que supone la instalación de un electrodo de corriente (B) y uno de potencial (N) a distancia “infinita”, mientras que los electrodos de corriente A y de potencial M avanzan sobre la línea. La separación AM (a) está relacionada con la penetración de registro, aunque tal relación no es lineal. Los datos colectados y medidos en campo serán de polarización inducida, de potencial espontáneo y de resistividad sobre las líneas previamente diseñadas para conseguir los mejores resultados. Para llevar a cabo los levantamientos es conveniente estacar los puntos cada 50m a lo largo de las líneas, así como nivelar los perfiles con puntos adicionales en zonas abruptas, de tal manera que la longitud de cada una de las líneas debe ser menor de 800m. Además de realizar los perfiles de resistividad y de cargabilidad es decir polarización inducida para interpretarse mediante el proceso de inversión tomográfica para cada línea. A lo largo de las líneas de polarización inducida se toman lecturas de potencial espontáneo, con las que se construirá un plano de isovalores del campo eléctrico natural.

4.1 PREPARACIÓN DE TERRENO

En cada punto estacado se colocan electrodos en caso de tener superficies rocosas, láminas de zinc o de terreno de consistencia arenosa. La instalación de estas superficies de contacto con el terreno es de suma importancia ya que de ella depende parte de la calidad de los datos a capturar, el acople de estas al terreno es importante para obtener señales sin ruido por falso contacto o alta resistencia de contacto por la falta de humedad del terreno. En algunos

casos es necesario contar con la ayuda de soluciones ricas en sales para mejorar la conductividad de los contactos con el terreno.

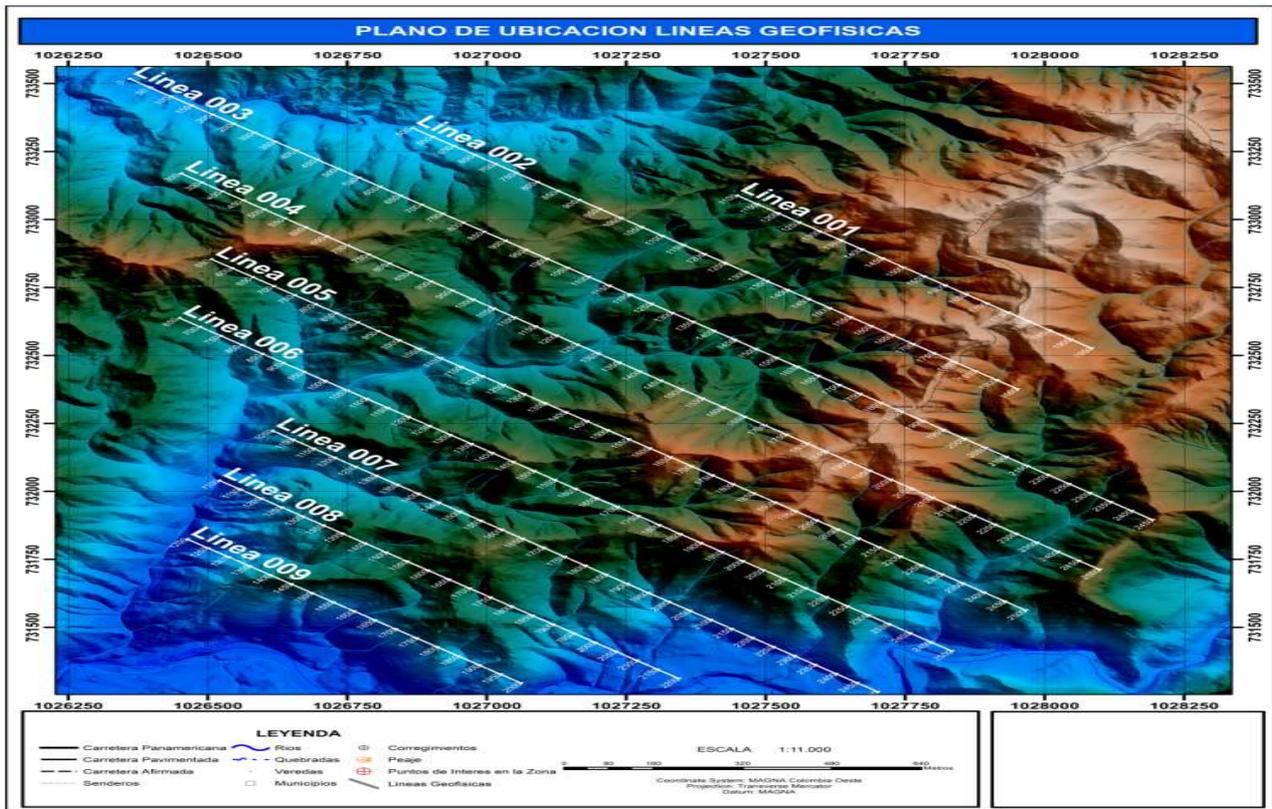


Figura 2. Mapa de ubicación de líneas geodésicas para el levantamiento de resistividad y Cargabilidad.

4.2 INTERPRETACIÓN

A continuación se presentan las secciones invertidas de los valores de cargabilidad y resistividad de cada una de las líneas del levantamiento geofísico, esta interpretación ha sido procesada inicialmente en 2D, corregidas por deformación topográfica con el método de Schwartz-Christoffel recomendada para la cantidad de datos adquiridos en esta campaña. El modelo 2D usado por el programa de inversión consiste en una cantidad de bloques rectangulares dispuestos de manera tal, que están amarrados a la distribución de datos puntuales en la sección. El software calcula automáticamente los modelos bidimensionales de resistividad y de cargabilidad del subsuelo” (Geófono Software, 2002). La sección invertida se obtiene con escala vertical, usualmente la misma que la de topografía. Las deformaciones topográficas a lo largo de la línea también son consideradas en los cálculos, aplicando el método de transformación de Schwartz-Christoffel, que tiene en cuenta las irregularidades de las celdas en ambas direcciones.

- Levantamiento con campo natural
- Levantamiento con campo de energía aplicado

4.2.1 LEVANTAMIENTO CON CAMPO NATURAL (ISOCURVAS DE POTENCIAL ESPONTÁNEOS)

Los procesos electroquímicos y electrocinéticos en un ambiente geológico dan lugar a campos eléctricos naturales que pueden ser medidos en la superficie del terreno, con el objeto de interpretar la ubicación de estructuras para su

eventual verificación con técnicas directas. La operación de campo de auto potencial eléctrico, o potencial espontáneo (método geofísico conocido como “SP”, de sus siglas inglesas), consiste en mediciones sistemáticas de voltaje y corriente continua relativos a un punto de referencia. Cuando son adecuadas las condiciones geológicas de oxidación, de movimiento de fluidos, de porosidad saturada y de disposiciones minerales en el subsuelo, los voltajes tienden a mostrar valores bajos o negativos cerca de la parte superior de los cuerpos mineralizados con sulfuros metálicos. Sin embargo, existen situaciones geológicas que aun no siendo objetivos de exploración pueden dar anomalías de potencial espontáneo. En el proceso de levantamiento de perfiles de resistividad y cargabilidad (polarización inducida) se toman lecturas de potencial espontáneo sin que por ello requiera trabajo adicional; por esta razón conviene investigar esta propiedad natural ya que puede servir para la exploración.

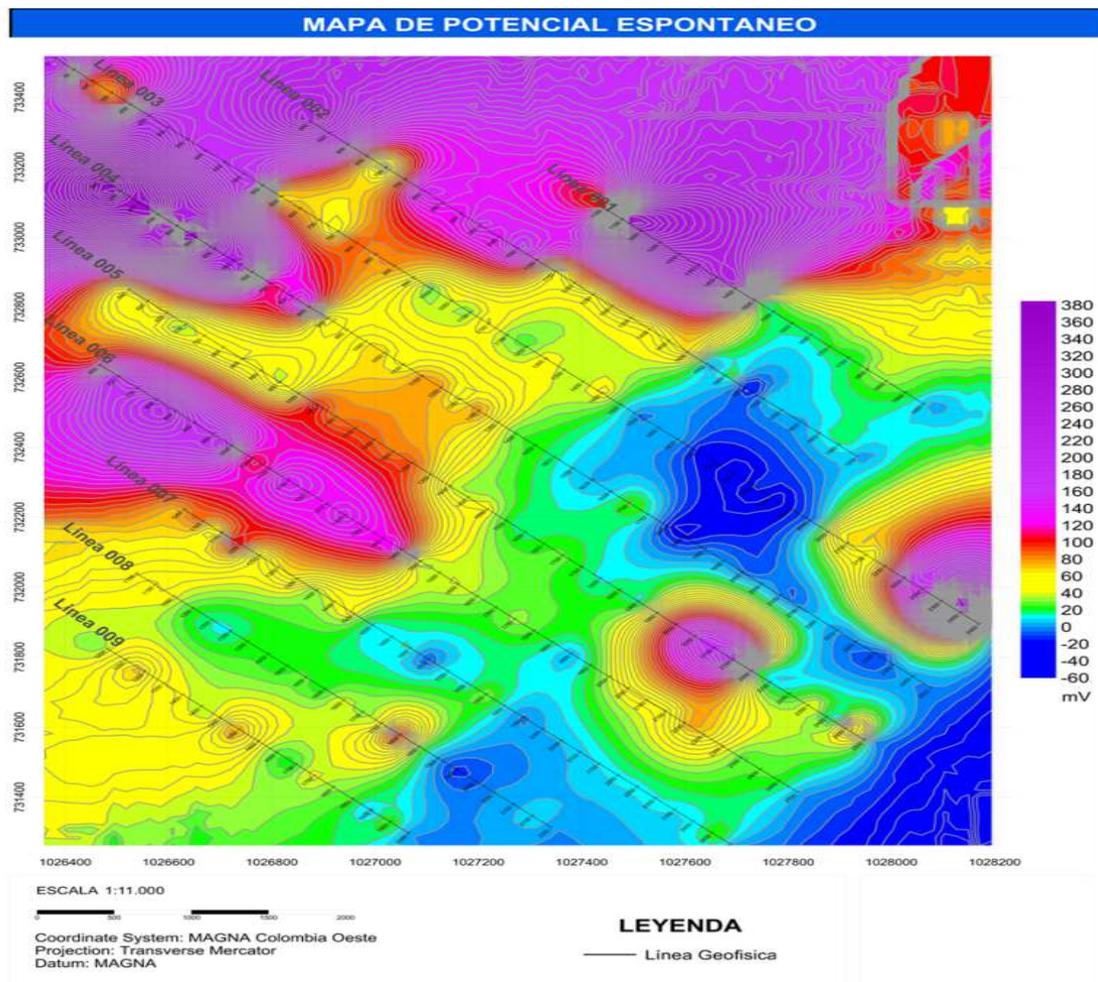


Figura 3. Isocurvas de potencial espontáneo.

Los campos eléctricos que se desarrollan naturalmente sobre cuerpos mineralizados con sulfuros dependen de que ocurran procesos de oxidación y separación de iones en unidades conductoras eléctricas que llegan a formar con su negativo en la parte superior. Estos campos de potencial espontáneo pueden tener orígenes profundos cuando los yacimientos son de gran extensión, como es el caso de los pórfidos. La información de potencial espontáneo no tiene control de profundidad porque se trata de la representación superficial de un campo de origen natural, sin intervención de energía aplicada externamente. Cuando no hay anomalías de potencial espontáneo no deben sacarse conclusiones, en vista de que los campos eléctricos naturales sólo se desarrollan en ciertas condiciones geológicas y físicas. La interpolación de las isocurvas fue realizado en el software Surfer 10 mediante el método de geoestadístico Kriging el cual es un procedimiento de estadística geográfica avanzado, que genera una

superficie estimada a partir de un conjunto de puntos con valores z , más que con otros métodos de interpolación, además se debe analizar de manera profunda el comportamiento espacial del fenómeno representado por los valores z , antes de seleccionar el mejor método de estimación para generar la superficie de salida. Analizando los datos de isocurvas obtenidos de la superficie, se encuentra una zona anómala en este caso resaltada con el color azul que adquirirán importancia solamente donde coinciden con altas cargabilidad. Ahora se observa que esta anomalía se presenta entre las líneas número 002 hasta la 004 aproximadamente en 1650m y 2150m con una tendencia NS teniendo muchas expectativas que coincidan con los datos de cargabilidad analizados más adelante.

4.2.2 LEVANTAMIENTO CON CAMPO DE ENERGÍA APLICADO.

En las ilustraciones de interpretación para la resistividad y cargabilidad se utilizaron 3 profundidades que son 50, 150, 200m a partir de la superficie del terreno, se presenta el mapa de contorno generado a partir de los valores invertidos de cargabilidad y resistividad. Este proceso es factible solamente cuando se dispone de no menos de cinco perfiles paralelos separados por no más del cuádruple del intervalo entre estaciones en nuestro caso es de 200m.

- Resistividad

Está en el rango de $50\Omega\text{m}$ para rocas conductoras, o fuertemente alteradas, hasta más de $1000\Omega\text{m}$ para masas compactas o silicificadas. La distribución de masas de alta y baja resistividad es más irregular en niveles someros, hasta unos 100m de profundidad, circunstancias que suceden en las tendencias más consistentes a medida que se va más abajo, como se nota con una masa de roca alterada (color violeta) apareciendo entre Línea 001 hasta Línea 003 que va haciéndose más notable en niveles más bajos, al punto que a 200m de profundidad la masa de roca alterada conforma una franja consistente, orientada SW-NE, que adquiere importancia prospectiva debido a su concordancia con las anomalías de cargabilidad la cual se observa en la imágenes que cargabilidad (ver figuras 4,5,6).

- Cargabilidad:

En el levantamiento de cargabilidad, el procedimiento de acumulación algebraica de señales factible de aplicación con el receptor ElrecPro de $100\text{M}\Omega$ de impedancia de entrada empleado para el estudio, permite medir valores con alta relación señal y el nivel de fondo ha resultado del orden de 14 mV/V , valor que define que deben ser consideradas como interesantes aquellas anomalías con picos mayores de 28mV/V . Para dar énfasis en las anomalías más fuertes ($>38\text{mV/V}$), se han coloreado con rosado. Una gran anomalía, orientada Sw-NE, ya mencionada por su coincidencia con resistividades baja.

En este punto se entiende por qué los dos métodos deben ir de la mano ya que sin la cargabilidad, los datos obtenidos en la resistividad no serían claros. Es aquí donde la alteración si corresponde a lo enunciado en el punto anterior, ya que el cuerpo que se observa va en la misma dirección dejando completamente confirmado la teoría de la alteración de la roca. Cuando analizan los datos procesados, la baja resistividad y la alta cargabilidad por lo se puede deducir que corresponde a una roca con sulfuros diseminados. Esto no es una ley, tampoco indica que en el resto del área no se pueda encontrar mineralización, pero si da una guía para las áreas primordiales y de prioridad para el inicio de un proyecto de perforación. En las figuras 4,5,6 se observa como el afloramiento en los primeros 150m, se tiene indicios claros de la intervención de un cuerpo que viene subiendo con presión y cambios de temperatura que genera en la roca una entrada de partículas. Es decir una posible entrada de cuerpo intrusivo, indicando que la alteración es bastante fuerte. Para la finalidad del proyecto y con la información se deduce que es una anomalía de potásica filica que indica feldespatos K, biotita, que grada hacia fuera hacia una alteración filica (cuarzo-sericítica).

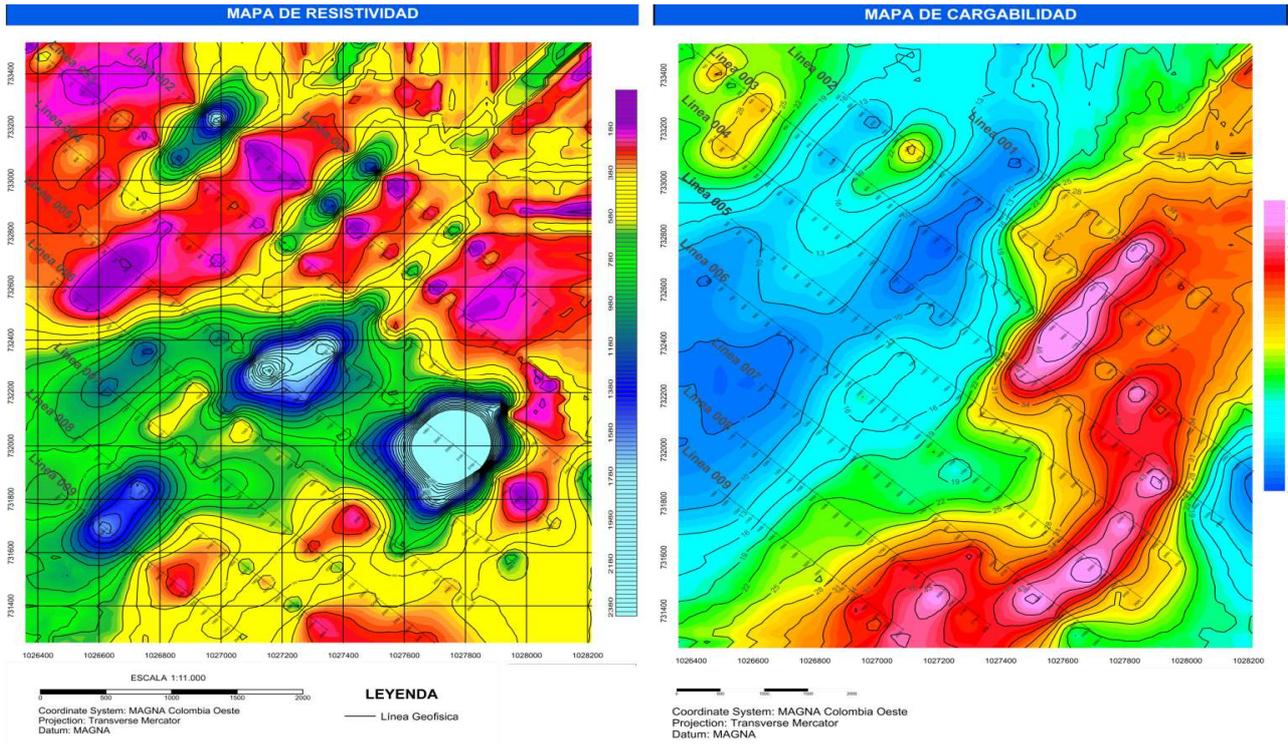


Figura 4. Mapa resistividad y cargabilidad 50m.

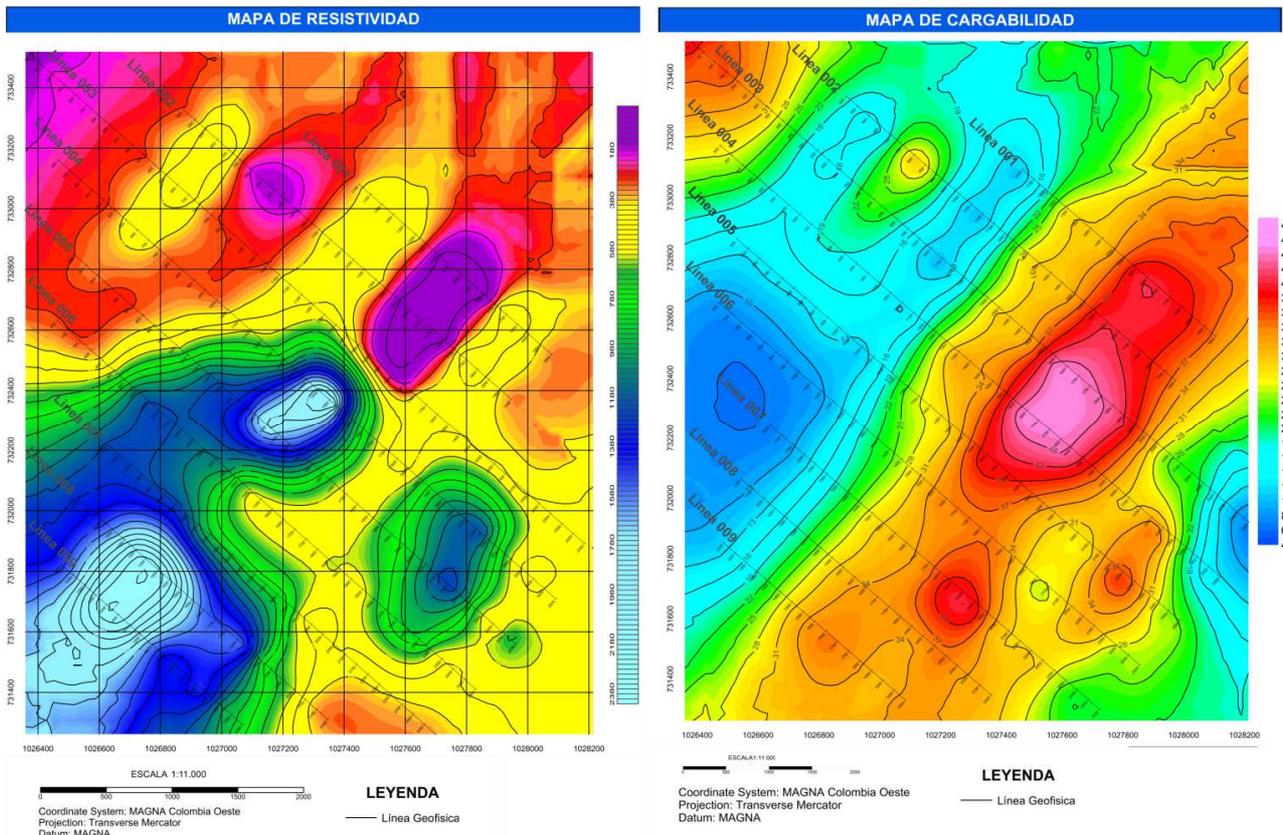


Figura 5. Mapa resistividad y cargabilidad 100m.

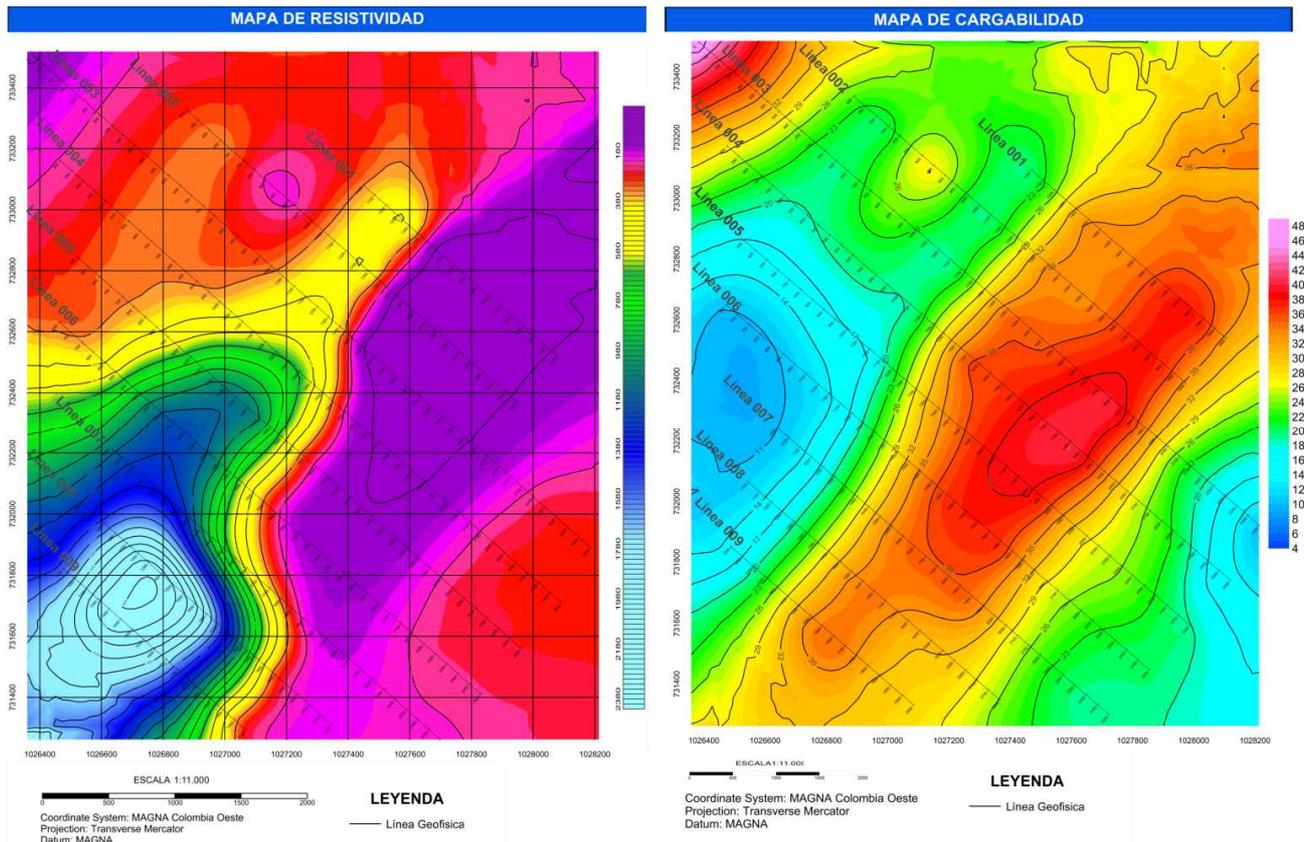


Figura 6. Mapa resistividad y cargabilidad 150m.

5. CONCLUSIONES

- Resulta evidente que no existe una relación unívoca entre una roca y su valor de resistividad, dado que la misma puede variar considerablemente por numerosos factores. Sin embargo, debido a la extensión de los terrenos abarcados en la campaña geofísica, el margen de variación es reducido y por lo tanto pueden identificarse las distintas rocas presentes en el lugar de estudio por sus valores de resistividad, aunque puedan existir algunas diferencias en los resultados. Para reducir estas diferencias resulta siempre conveniente la aplicación de varios métodos de prospección diferentes en la zona de estudio
- La resistividad está en el rango de 50Ωm para rocas conductoras, o fuertemente alteradas, hasta más de 1000Ωm para masas compactas o silicificadas. La distribución de masas de alta y baja resistividad es más irregular en niveles someros, hasta unos 100m de profundidad pasando luego a tendencias más consistentes a medida que se va más abajo, como se nota en el nivel 150m con una masa de roca alterada (color violeta) apareciendo entre líneas 001 y líneas 003 que va haciéndose más notable en niveles más bajos, al punto que a mayor profundidad la masa de roca alterada conforma una franja consistente, orientada SW-NE, que adquiere importancia prospectiva debido a su concordancia con las anomalías de cargabilidad.
- La configuración de electrodos Polo-Polo tiene la mayor resolución vertical y calidad de señal, mientras que Dipolo-Dipolo tiene la menor. Cabe mencionar que el comportamiento de dipolo-dipolo es comparativo al de la configuración Schlumberger. La menor resolución horizontal de Polo-Polo, especialmente cerca de la superficie, ha sido compensada por los procesos de inversión.
- La complejidad en la interpretación de datos es elevada, se requiere personal con bastante experiencia en este aspecto. Ya que las diferentes y únicas características variables de la superficie nos lleva a

relacionar la importancia de profundizar en los datos de superficie para la mejor interpretación interna.

- Se espera que los sulfuros con brillo metálico causen anomalías fuertes, pero es necesario tener en cuenta que las arcillas también contribuyen a la cargabilidad. Las combinaciones de anomalías de alta cargabilidad con baja resistividad deberían ser tomadas en cuenta como aquellas que tienen mejores condiciones como objetivos de exploración allí donde los sulfuros metálicos ocurren dentro de masas de rocas alteradas.

REFERENCIAS

- Acevedo, A., & Orrego, A. (1993). Geología De La Plancha 364-Timbio. Bogota: Colombia.
- Arce, J. (2004). Reconstrucciones Icónicas Tomográficas Del Subsuelo. Xii Congreso Peruano De Geología.
- Archie, G. E. (1942). The Electrical Resistivity Log As An Aid In Determining Some Reservoir Characteristics.
- Cataldi, A. (S.F.). • Cataldi A, Xiii Congreso Venezolano De Geofísica.” Aplicación De Métodos De Resistividad En Investigación Hidrológica (Experiencias En Venezuela).” Caracas. Caracas.: Xiii Congreso Venezolano De Geofísica.
- Geologia, D. D. (2002). Metodo Geofisicos Aplicados A La Minería. Chile: Universidad De Chile.
- Ingeominas, Instituto Colombiano De Geología Y Mineros. (1999). Geología Del Departamento De Cauca. Escala 1:250.000. Bogota: Ingeominas.
- Loke, M. H. (2001). Tutorial: 2-D Y 3-D Electrical Imaging Surveys. Malasia: Geotomo Software.
- Marulanda, N. (1976). Geología Y Geoquímica Del Área De Piedra Sentada, Municipio De El Bordo, Departamento Del Cauca. Popayan: Ingeominas.
- Molano, J. C., Londoño, S. E., & Mojica, J. (2003). Catálogo De Las Propiedades Mineralógicas, Físicas Y Químicas De Los Yacimientos Auríferos Primarios De Los Departamentos Cauca, Nariño Y Valle Del Cauca. Cali, Colombia: Ingeominas.
- Orellana, E. (1982). Prospección Geoeléctrica En Corriente Continua. Madrid: Paraninfo.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.