

Guía de Ejercicios

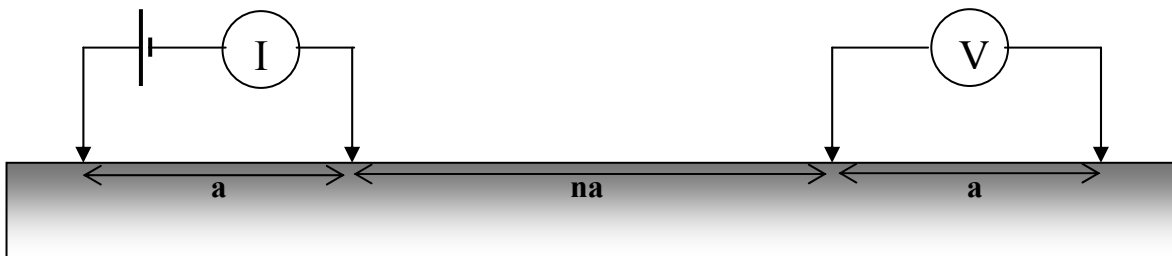
Electricidad y Sondaje Eléctrico Vertical

1) En un estudio geoelectrico de corriente continua para estudiar la resistividad del subsuelo, se usa un arreglo “Dipolo-Dipolo”, donde tanto los electrodos de corriente como los de potencial están separados por la misma distancia a , y la separación entre ambos pares es na (ver figura).

a) Determine el factor geométrico k de este arreglo, tal que la resistividad ρ del subsuelo quede dada por:

$$\rho = k \frac{V}{I}$$

b) ¿Cuándo la resistividad dada por la formula anterior es en realidad una resistividad aparente? Explique este concepto.



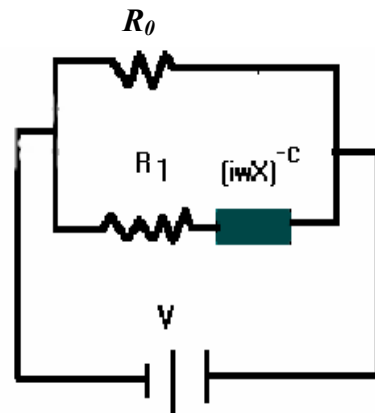
2) En el circuito eléctrico adjunto que representa físicamente el fenómeno de la polarización, con una impedancia equivalente $Z(\omega)$. Describa el sentido físico de los parámetros que constituyen este circuito.

$$Z(\omega) = R_0 \left[1 - m \left(1 - \frac{1}{1 + (i\omega\tau)^c} \right) \right]$$

con

¡Error!

$$m = \frac{R_0}{R + R_1} \quad \tau = X \left(\frac{R_0}{m} \right)^{1/c}$$



3)

a) De que manera es posible alcanzar mayor penetración de medición los métodos: SEV, MT, TEM, justifique.

b) Que problemas de resolución presentan los métodos eléctricos en función de: distancia observador-cuerpo anómalo; frecuencia de medición; resistividad del medio.

4) La resistividad aparente en el método magnetotelúrico esta dada por la siguiente relación:

$$\rho_a = \frac{2}{\omega \mu} |Z(\omega)|^2$$

Donde $Z(\omega)$ es la impedancia de onda que para el caso de una capa de resistividad ρ_1 y espesor h_1 , sobre un semi-espacio de resistividad ρ_2 , tiene la siguiente expresión analítica:

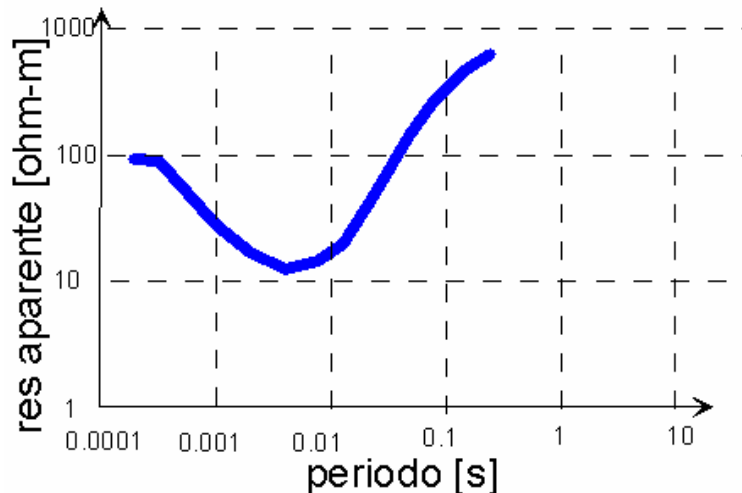
$$Z(\omega) = -Z_1 \left[\frac{R_{12} e^{-2k_1 h_1} + 1}{R_{12} e^{-2k_1 h_1} - 1} \right];$$

con: $Z_1 = -(1+i)\sqrt{\omega\mu\rho_1/2}$; $R_{12} = \frac{\sqrt{\rho_2} - \sqrt{\rho_1}}{\sqrt{\rho_2} + \sqrt{\rho_1}}$; $k_1 = (1+i)\sqrt{\omega\mu/2\rho_1}$

a) Demuestre que para $\rho_a(\omega \rightarrow \infty) = \rho_1$; y para $\rho_a(\omega \rightarrow 0) = \rho_2$

b) La fase de la impedancia de onda para ambas frecuencias extremas es 45° (la fase se define como la arco-tangente de la componente imaginaria sobre la componente real de la impedancia de onda).

5) Dada la curva de resistividad aparente generada por el método MT,



Determine:

- a) El número de capas de la secuencia geoelectrica (justifique).
- b) La resistividad y espesor aproximado de cada capa (justifique).
- c) La fase aproximada correspondiente a este curva de resistividad aparente, considerando un medio 1-D (justifique).

Nota: Considere que el factor de penetración o “skin depth”, esta dado por:

$$\delta\{m\} = 500\sqrt{\rho\{ohm - m\}T\{s\}}$$

6)

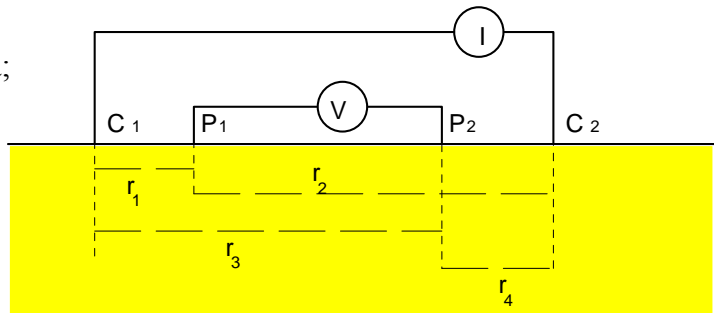
- a) Dibuje las curvas de decaimiento temporal para el caso del método de transiente electromagnético, considerando un ambiente conductor y otro resistivo. A que se debe la diferencia en la tasa de decaimiento?
- b) Explique los mecanismos de polarización e indique para cada caso un ambiente geológico en el cual se observa el mecanismo.

7) Considerando que el potencial eléctrico asociado a una carga puntual en superficie esta

dado por, $U = \frac{I\rho}{2\pi r}$, determine:

- a) El factor geométrico asociado a un arreglo electrodico como el descrito en la figura siguiente, considerando que

$$r_1 = a; r_2 = 6a; r_3 = 5a; r_4 = 2a;$$



- b) Por que razón se utiliza el factor geométrico en estudios SEV
- c) ¿Que valores alcanza la resistividad aparente para separaciones electrodicas tendiendo a cero e infinito? Justifique su respuesta.

8)

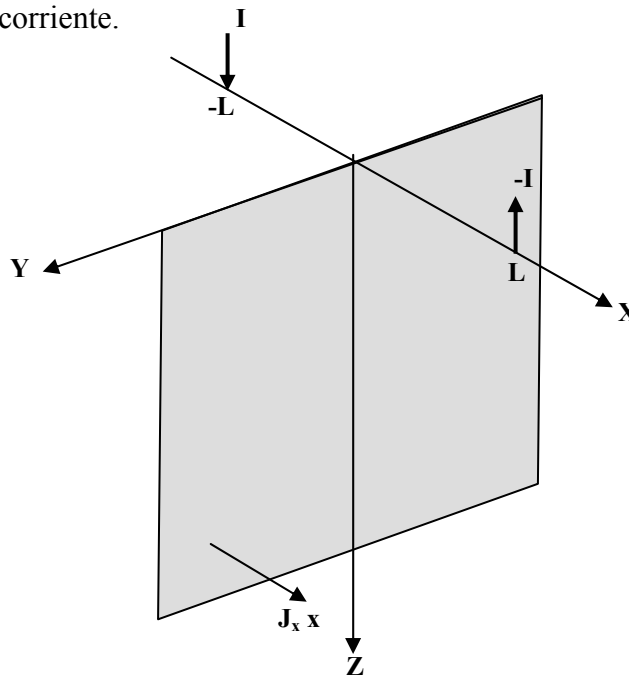
- a) Describa los fenómenos de polarización de membrana y electrodica.
- b) ¿Por que razón la propagación de ondas electromagnéticas es dispersiva al interior de la tierra?
- c) Que comportamiento tienen estas ondas en función de la frecuencia y la resistividad del medio.

9) En la superficie de un semiespacio homogéneo de resistividad eléctrica ρ se inyecta y recolecta corriente continua (I) mediante electrodos ubicados en el eje x , a distancias $-L$ y $+L$ del origen de coordenadas respectivamente.

a) Encuentre una expresión para el potencial eléctrico U en un punto cualquiera (x,y,z) del semiespacio.

b) Aplique la ley de Ohm, y encuentre una expresión para la corriente $J = J_x x$ que fluye a través del plano $(y-z)$.

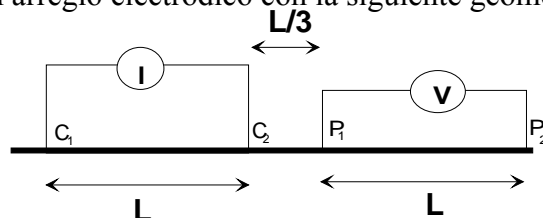
c) Especialice el resultado de b) para un punto situado en el eje vertical (z), y demuestre que para una profundidad z fija, J_x alcanza un máximo para una separación de electrodos tal que $L = z / 2^{1/2} = 0.707 z$. Explique las consecuencias de este resultado para la relación entre la penetración de un estudio eléctrico y la separación de los electrodos de corriente.



10)

a) Por qué razón los métodos geoelectrónicos inductivos son más apropiados que los de corriente continua (tipo SEV) en suelos con una cubierta de caliche, justifique.

b) Considerando que la solución analítica para el potencial eléctrico de una carga en un medio uniforme de resistividad ρ , está dada por: $U = \frac{I\rho}{4\pi r}$, determine el factor geométrico para un arreglo electrodico con la siguiente geometría:



11)

a) Discuta la influencia de los parámetros involucrados en la Ley de Archie sobre la resistividad de las rocas.

$$\frac{\rho}{\rho_{100}} = a \phi^{-m} S^{-n} \quad (\text{ley de Archie})$$

b) Si el potencial eléctrico en un semi-espacio esta dado por:

$$U = \frac{I\rho}{2\pi r}$$

Cuál es el factor geométrico a considerar para un arreglo eléctrico del tipo Wenner y Schlumberger.

12)

a) Describa los fenómenos de polarización de membrana y eléctrica.

b) Que tipos de rocas presentan mayor efecto de polarización y como es la operación de campo para registrar este efecto?

c) Que aproximaciones se aplican sobre la ecuación de onda electromagnética para obtener un set de ecuaciones desacopladas y dispersivas.

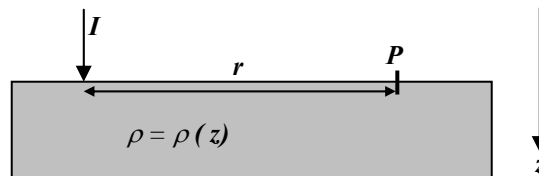
$$\nabla^2 \vec{E} - i\sigma \mu \omega \vec{E} = 0$$

$$\nabla^2 \vec{H} - i\sigma \mu \omega \vec{H} = 0$$

Que variables influyen, y de que forma, sobre el decaimiento con la profundidad de las señales electromagnéticas.

13) Considere un electrodo que inyecta una corriente I en la superficie de un semiespacio estratificado verticalmente. En general se puede demostrar que el potencial producido por este electrodo en la superficie, tiene la forma:

$$U = \frac{\rho_1 I}{2\pi r} G(r)$$



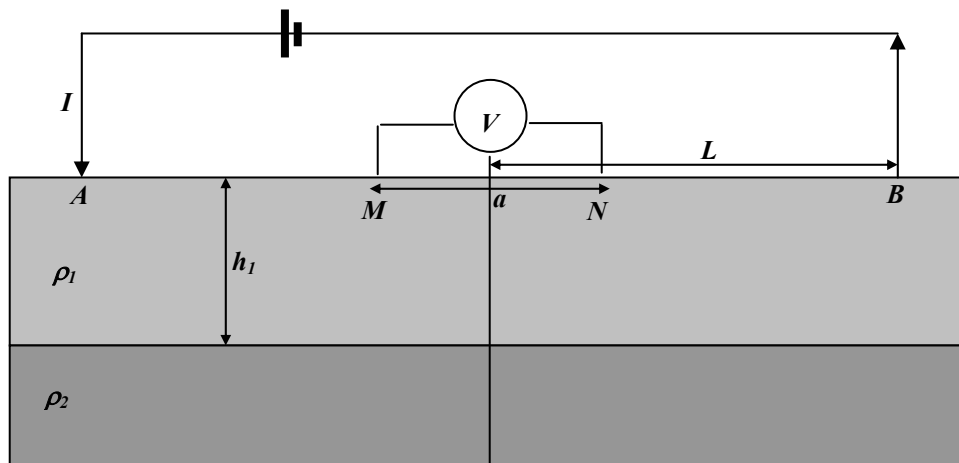
Donde ρ_1 es la resistividad de la capa superficial, r la distancia entre el punto P considerado y el electrodo, y G una función que da la desviación del potencial con respecto al caso de un semiespacio homogéneo (para el caso homogéneo $G = 1$). Además de depender de r , en general G depende de los diversos espesores y resistividades de las capas que conforman el semiespacio.

a) Considere una disposición de electrodos tipo Schlumberger y encuentre una expresión general para la resistividad aparente ρ_a . Su expresión debe involucrar G , y debe depender de ρ_1 , de la distancia a (MN) entre los electrodos de potencial, y de la distancia L ($AB/2$) entre el centro del arreglo y cada uno de los electrodos de corriente.

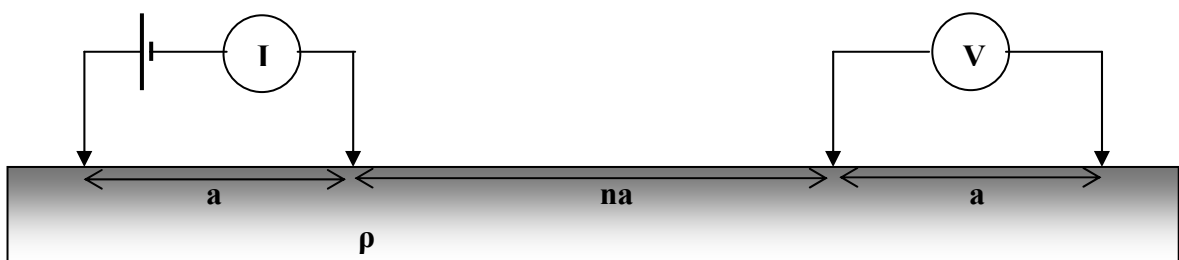
b) Para el caso de una capa de espesor h_1 y resistividad ρ_1 , sobre un semiespacio de resistividad ρ_2 , se puede demostrar que:

$$G = 1 + 2r \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k^n}{\sqrt{r^2 + (2nh_1)^2}}, \quad \text{donde} \quad k = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1}$$

En base a esta expresión y al resultado encontrado en a), haga un gráfico cualitativo de la curva ρ_a vs. L . Discuta su resultado.



14) En un estudio geoelectrico de corriente continua para estudiar la resistividad del subsuelo, se usa un arreglo "Dipolo-Dipolo", donde tanto los electrodos de corriente como los de potencial están separados por la misma distancia a , y la separación entre ambos pares es na (ver figura).



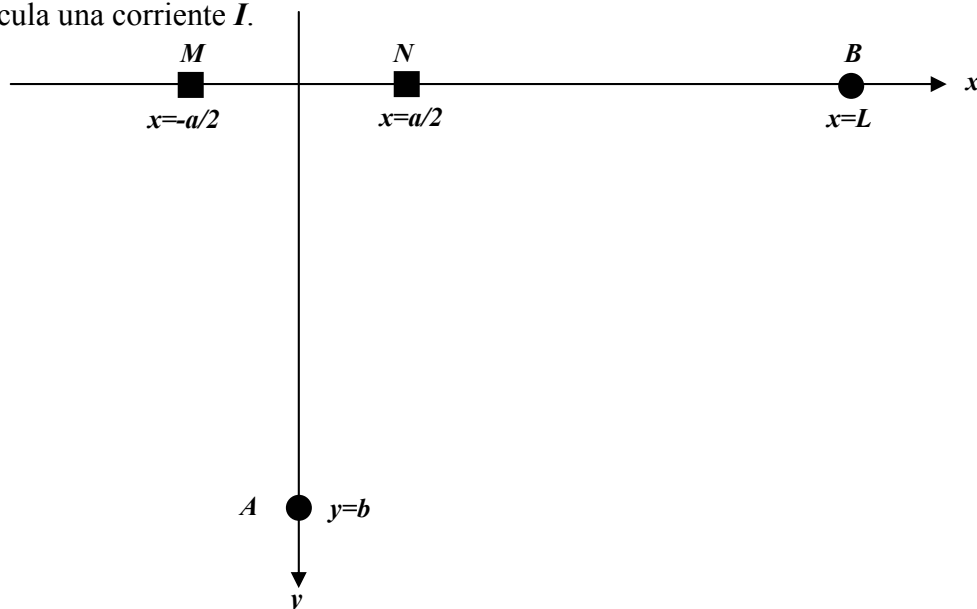
a) Determine el factor geométrico k de este arreglo, tal que la resistividad ρ del subsuelo quede dada por:

$$\rho = k \frac{V}{I}$$

b) ¿Cuándo la resistividad dada por la formula anterior es en realidad una resistividad aparente? Explique este concepto.

c) Asumiendo una distancia a entre electrodos de 2 m, una resistividad promedio del subsuelo de 100 ohm-m, una corriente de 1A entre los electrodos de corriente, y que la mínima diferencia de voltaje medible entre los electrodos de potencial es de $10 \mu\text{V}$, estime la máxima separación na entre los dipolos de corriente y potencial en que el sistema entrega resultados confiables.

15) La siguiente figura muestra la disposición de electrodos correspondiente al arreglo “semi-Schlumberger” usado en prospección eléctrica de corriente continua. Los electrodos de potencial (M , N), y uno de los de corriente (B) se ubican a lo largo del eje x en $x=-a/2$, $x=a/2$ y $x=L > a/2$ respectivamente. El otro electrodo de corriente (A), se ubica sobre el eje y , en $y=b$. Todos los electrodos están en la superficie de un semiespacio homogéneo de resistividad eléctrica ρ , y por los electrodos de corriente circula una corriente I .



a) Encuentre una expresión para la diferencia de voltaje ΔV entre los electrodos de potencial M y N .

b) Encuentre una expresión aproximada para ΔV dado en a) en el caso en que $a \ll L$. ¿Como aproximadamente varía ΔV con a y L ?

c) Calcule ΔV para $L = 100$ m, $a = 2$ m, $\rho = 100 \Omega\text{-m}$.

16)

a) Por que razón la profundidad de penetración del método MT esta dado por la siguiente expresión:

$$\delta = 500 \sqrt{\rho [\text{ohm-m}] / f [\text{Hz}]} [m]$$

\equiv "skin depth"

Que efectos tienen sobre las observaciones del campo eléctrico y magnético.

b) Que ventajas de operación y rango de medición tiene el método TEM c/r a los métodos SEV y MT.