Estrategia didáctica para la enseñanza-aprendizaje del concepto de resistividad eléctrica, mediante la aplicación de métodos geoeléctricos.

Javier Andrés Moncayo Revelo

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2015

Estrategia didáctica para la enseñanza-aprendizaje del concepto de resistividad eléctrica, mediante la aplicación de métodos geoeléctricos.

Javier Andrés Moncayo Revelo

Trabajo final presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:

Ing. Luis Hernán Ochoa Gutiérrez

Facultad de Ciencias - Departamento de Geociencias

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2015

Agradecimientos

En primer lugar, doy gracias a Dios por darme la fortaleza y perseverancia para culminar este proyecto.

Agradezco al Profesor Luis Hernán Ochoa, docente del departamento de geociencias de la Universidad Nacional de Colombia, por su colaboración como director de este trabajo.

A estudiantes y miembros de la comunidad educativa del Colegio Ofelia Uribe de Acosta, quienes me brindaron su espacio y tiempo para el desarrollo de esta propuesta didáctica.

A mis Padres y hermana, que son lo más importante en mi vida, por brindarme ese apoyo incondicional.

Resumen

La propuesta fue diseñada teniendo en cuenta una prueba diagnóstica de conocimientos previos, relacionados con electricidad básica y un test de comprensión e identificación del concepto de resistividad eléctrica de los materiales. Con la información de las pruebas se plantearon 3 sesiones constituidas por 6 actividades, las cuales fueron aplicadas a un grupo de estudiantes de educación media vocacional de la I.E.D Ofelia Uribe de Acosta de la localidad de Usme.

En las actividades planteadas se desarrollaron conceptos tales como conducción eléctrica, resistencia eléctrica, corriente eléctrica, Ley de ohm y método geoeléctrico. La metodología empleada está basada en clases teóricas demostrativas. Se aplicó una prueba piloto la cual permitió a los estudiantes afianzar sus conocimientos y al docente establecer una serie de sugerencias y recomendaciones para el diseño de la propuesta.

Palabras clave: Conducción eléctrica, Resistencia eléctrica, Corriente eléctrica, Diferencia de potencial, Métodos geoeléctricos, Sondeo eléctrico vertical, Aprendizaje activo.

Abstract

The proposal was designed considering a diagnostic test prior knowledge of basic electricity and a test of understanding and identification of the concept of electrical resistivity of the material. The testing information 3 sessions consist of six activities were raised, which They were applied to a group of students from vocational secondary education I.E.D Ofelia Uribe Acosta of the locality of Usme.

In the proposed activities concepts such as electrical conduction, electrical resistance, power, Ohm's law and geoelectric method were developed. The methodology is based on demonstration lectures. A pilot scheme which allowed students to consolidate their knowledge and teaching a set of suggestions and recommendations for the design of the proposal was implemented.

Keywords: electrical conduction, electric resistance, electric current, potential difference, geoelectric methods, vertical electrical sounding, active learning.

Contenido

Pág.

Resumen ..... **V**

Abstract ..... **VI**

Lista de figuras ..... **IX**

Lista de tablas ..... **X**

Introducción **1**

1. Fundamentación histórica – epistemológica **3**
1.1 La electricidad 3
1.2 La electricidad en el estudio del interior de la tierra 6
1.2.1 Métodos Geoeléctricos y su desarrollo histórico 9

2. Fundamentación conceptual **13**
2.1 Fundamentos de electricidad 13
2.1.1 Carga eléctrica y campo eléctrico 13
2.1.2 Potencial eléctrico y diferencia de potencial 16
2.1.3 Corriente eléctrica 18
2.1.4 Resistencia, resistividad y Ley de ohm 20
2.2 La resistividad en la prospección geoeléctrica 22
2.2.1 Métodos geoeléctricos 23
2.2.2 Sondeos eléctricos y dispositivos electródicos 26

3. Fundamentación Pedagógica **29**
3.1 Estrategia didáctica 29
3.1.1 Estrategias de enseñanza 30
3.1.2 Estrategias de aprendizaje 30
3.2 Método de Aprendizaje Activo 31

4. Propuesta didáctica **33**
4.1 Generalidades 33
4.2 Metodología 34
4.3 Sesiones 35
4.3.1 Sesión 1 Pruebas diagnosticas 35
4.3.2 Sesión 2: Materiales Conductores y Aislantes 36
4.3.3 Sesión 3: Relación de variables eléctricas. 37
4.3.4 Sesión 4: Medidas geoeléctricas 38

5. Aplicación de la propuesta didáctica piloto y resultados 40
5.1 Prueba de conocimientos Previos 40
5.2 Aplicación de la sesión 2 44
5.2.1 Actividad 1 44
5.2.2 Actividad 2 y 3 45
5.3 Aplicación sesión 3 47
5.3.1 Actividad 4 47
5.4 Aplicación sesión 4 48
5.4.1 Actividad 5 48
5.4.2 Actividad 6 50
5.4.3 Aplicación Test final 56

6. Conclusiones y recomendaciones 59
6.1 Conclusiones 59
6.2 Recomendaciones 60

Referencias 61

Anexo A: Pruebas diagnosticas 64

Anexo B: Guías de las clases teóricas demostrativas. 69

Lista de figuras

Pág.

Figura 1.1 Barra de ámbar. 4
Figura 1.2 Maquina electrostática. 4
Figura 1.3 Balanza de torsión. 5
Figura 1.4 Ley de Faraday. 6
Figura 1.5 Estructura de la tierra. 8

Figura 2.1 Modelo atómico Rutherford.....13
Figura 2.2 Fuerza de repulsión y atracción.....15
Figura 2.3 Campo eléctrico generado por varias cargas.....16
Figura 2.4 Potencial eléctrico debido a una carga puntual.....16
Figura 2.5 Potencial eléctrico debido varias cargas puntuales.....17
Figura 2.6 Superficies equipotenciales.....17
Figura 2.7 Diferencia de potencial entre dos puntos.....18
Figura 2.8 Corriente eléctrica.....19
Figura 2.9 Resistencia eléctrica.....20
Figura 2.10 Ley de ohm.....22
Figura 2.11 Inyección de corriente en el punto A.....24
Figura 2.12 Potencial en el punto M.....25
Figura 2.13 Potencial puntos M y N.....25
Figura 2.14 Dispositivos Schlumberger y Wenner.....27
Figura 2.15 Dispositivo dipolar.....27

Figura 5.1 Test inicial.....42
Figura 5.2 Alumnos realizando el examen de diagnóstico test inicial..... 42
Figura 5.3 Aplicación de la actividad 1..... 44
Figura 5.4 Aplicación de la actividad 2-3.....46
Figura 5.5 Aplicación de la actividad 4..... 48
Figura 5.6 Aplicación de la actividad 5..... 49
Figura 5.7 Construcción maqueta..... 50
Figura 5.8 Demostración sondeo eléctrico vertical.....51
Figura 5.9 Formato SEV.....52
Figura 5.10 Datos en WinSev.....53
Figura 5.11 Resistividad vs profundidad..... 55
Figura 5.12 Test final.....56
Figura 5.13 Estudiantes presentando el test final..... 58

Lista de tablas

Pág.

Tabla 2.1 Conductores y aisladores. 14
Tabla 2.2 Resistividad de algunos materiales a 20° C. 21
Tabla 2 3 Resistividad de algunos materiales naturales.. 23

Tabla 4.1 Sesión 2. 37
Tabla 4 2 Sesión 3. 38
Tabla 4 3 Sesión 4. 38

Tabla 5.1 Porcentaje de preguntas correctas del test inicio. 43
Tabla 5.2 Resultados test diagnóstico inicial. 43
Tabla 5.3 Resistividad de diversos suelos. 55
Tabla 5.5 Porcentaje de preguntas correctas del test final. 57
Tabla 5.6 Resultados test diagnóstico final. 57

Introducción

El aprendizaje de las Ciencias Naturales, particularmente de la Física, presenta dificultad para muchos niños y jóvenes, en particular la compresión e interpretación de los fenómenos naturales fundamentales, por lo que se ve la necesidad de recurrir a herramientas pedagógicas que faciliten dicha comprensión.

En la Institución Educativa Distrital Ofelia Uribe de Acosta de la localidad de Usme, se ofrece educación formal en los niveles de preescolar, básica primaria, básica secundaria y media con énfasis en ciencias naturales.

En la unidad de electromagnetismo del curso de física, se han logrado detectar ciertas dificultades de aprendizaje de conceptos tales como: resistividad, resistencia, conductividad, diferencia de potencial y corriente eléctrica. Además, también se detecta falta de interés en los estudiantes de grado décimo de básica secundaria.

Con la intención de lograr que los estudiantes superen estas dificultades, se implementó una estrategia didáctica que permita aumentar el interés y despertar el sentido científico en el estudiante, mediante prácticas demostrativas en el aula.

Para este proyecto se recurre a la explicación y comprensión de las propiedades resistivas de los materiales, mediante técnicas físicas y matemáticas aplicadas a la medición, análisis y modelamiento de esta propiedad para el estudio de sustancias inmersas en el subsuelo.

La metodología implementada para esta propuesta surgió a partir del siguiente interrogante ¿Cuál puede ser la estructura y características de una estrategia didáctica para la enseñanza-aprendizaje del concepto de la resistividad eléctrica de los materiales?

Esta es la razón por la cual se inicia con la aplicación de una prueba diagnóstica, compuesta por preguntas abiertas sobre conceptos generales de electricidad. Posteriormente se elabora

un test para identificar los conocimientos previos sobre el concepto de resistividad, finalmente se lleva a cabo una serie de prácticas demostrativas, teniendo en cuenta las dificultades encontradas en la prueba diagnóstica.

La primera práctica demostrativa permite realizar una diferenciación entre los materiales conductores y aislantes. La segunda y tercera prácticas permiten relacionar la longitud y grosor de un conductor con la resistencia eléctrica. La cuarta práctica consiste en la determinación del valor de la resistividad, a partir de la aplicación de la Ley de ohm en una porción de suelo, con la cual se busca tener una aproximación a los métodos geoeléctricos.

En la quinta práctica se explica el principio fundamental de los sondeos eléctricos y la última práctica es una demostración de la aplicación de los métodos geoeléctricos para la localización de objetos en el subsuelo, utilizando una maqueta compuesta de un acuario, lleno de arena y tierra negra, en el cual se inyecta corriente en la superficie para realizar un estudio de las variaciones de resistividad aparente y así poder identificar los materiales que se encuentran en su interior.

Con esto se pretende lograr que el estudiante comprenda el concepto de resistividad eléctrica y se relacione con los sondeos geoeléctricos, que tienen como finalidad realizar mediciones en superficie para detectar cuerpos y estructuras geológicas enterradas.

1. Fundamentación histórica – epistemológica

Sin lugar a dudas el estudio de la electricidad involucra un sin número de conceptos, entre los que se pueden citar los relacionados con las propiedades eléctricas de los materiales, tales como la resistividad, que es la base fundamental para el desarrollo de la propuesta didáctica. Para lograr obtener una explicación y conceptualización de esta propiedad microscópica, fue necesario establecer aspectos macro que tuvieran relación con ciertas características eléctricas que presentaban los materiales y su comportamiento frente a otros. A continuación se presenta una breve descripción de la electricidad a través de la historia.

1.1 La electricidad

La electricidad, de alguna u otra forma está presente en nuestro entorno, ya sea en los diferentes dispositivos que con frecuencia utilizamos (televisores, celulares, computadores etc.) o mediante manifestaciones naturales como los rayos que caen en una noche de tormenta, pero las explicaciones a estos fenómenos de la electricidad no son de nuestros días, sino que se han estudiado desde la antigüedad.

Las observaciones fueron muy importantes a la hora de dar inicio a los estudios de la electricidad. Mediante las descripciones de los fenómenos que se observaban, los antiguos griegos intentaban dar explicaciones de las propiedades de ciertos materiales. “Tales de Mileto (630-550 a.C.) observó que el ámbar previamente frotado con una piel de animal adquiría la propiedad de atraer objetos pequeños, como hojas secas, trozos de paja y plumas” (Gutiérrez, 2009, p.359). La Figura 1.1 muestra el comportamiento del ámbar al ser frotado, el nombre griego de ámbar es elektrón, del cual se derivó la palabra electricidad.

Figura 1.1 Barra de ámbar.

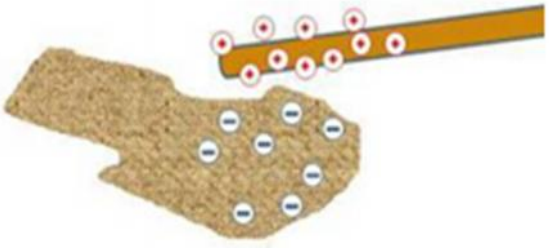


Figura 1.1. El ámbar que al ser frotado, adquiere el poder de atracción sobre algunos objetos. Fuente: Fundación para la salud Geoambiental (s.f).

Sin embargo el estudio y la comprensión de los fenómenos eléctricos avanzaron muy lentamente. Pasaron más de 2200 años hasta que el científico “William Gilbert (1540-1603 d.C.) en el año de 1600, después de realizar numerosos experimentos, concluyó entre otras cosas, que una gran variedad de materiales atraían cuerpos ligeros cuando eran frotados, a los que llamó eléctricos. A los que no presentaban esta propiedad, cuando eran frotados los llamó no eléctricos” (Gutiérrez, 2009, p.359).

El científico Alemán “Otto von Guericke (1602 -1686 d.C.), realizó experimentos para el estudio de las descargas eléctricas mediante la fabricación de la maquina electrostática” (Martínez, s.f). La Figura 1.2 muestra el primer diseño de la maquina electrostática.

Figura 1.2 Maquina electrostática.

Figura 1.2. La máquina electrostática estaba formada por una esfera de azufre movida por una manivela, sobre la cual se inducía una carga al apoyar una mano sobre ella. Fuente: Vida de Otto von Guericke (2013).

Tiempo después “Benjamín Franklin (1706-1790 d.C.) logró despertar su interés por la electricidad. En 1746, introdujo los términos de carga positiva y negativa, para diferenciar dos tipos de electricidad, en 1784 el Francés Charles Augustin Coulomb (1736-1806 d.C.) realizó

mediciones de fuerzas entre cargas empleando la balanza de torsión” (Gutiérrez, 2009, p.359). La Figura 1.3 muestra una descripción general de la primera balanza de torsión construida.

Figura 1.3 Balanza de torsión.

Figura 1.2. La balanza de torsión está constituida por una barra que cuelga de un hilo que puede torcerse. Si la barra gira, el hilo tiende a regresarla a su posición original, sistema empleado para medir fuerza. Fuente: Antecedentes históricos de la electricidad (s.f).

Sin embargo, la ciencia reconoce los efectos producidos por la electricidad al físico italiano “Luigi Galvani (1737-1798 d.C.) el cual por causas accidentales descubrió que: Al tocar las patas de una rana se contraían, este científico logro experimentar efectos producidos por la electricidad en los nervios y musculo de los animales” (Martínez, s.f).

El estudio del magnetismo inicia en el momento que se observa que ciertas piedras naturales como la magnetita, atraen trozos de hierro. La electricidad y el magnetismo se estudian por separado hasta que en el año de 1820 d.C. “Hanz Christian Oersted descubrió una relación entre estas dos ciencias, mediante la observación del hecho de que una corriente eléctrica que circula por un alambre, puede producir desviaciones en una brújula” (Halliday y Resnick, 1974, p.487).

El científico “Geor Simón Ohm (1787-1854 d.C.) físico alemán, reconocido por sus grandes aportes a las corrientes eléctricas, estudio la relación entre la intensidad de corriente eléctrica, la fuerza electromotriz y la resistencia, formulada en 1827 como la Ley de Ohm. La unidad de resistencia eléctrica, el ohmio, recibe este nombre en su honor”. (Martínez, s.f).

En 1837 “Michael Faraday (1791-1867 d.C.) descubrió que las fuerzas entre partículas cargadas disminuyen cuando el espacio circundante se llena con un aislador distinto del aire” (Gutiérrez, 2009, p.360). Faraday es conocido principalmente por su descubrimiento de la inducción electromagnética, lo cual ha permitido la construcción de generadores y motores eléctricos. La Figura 1.4 muestra el principio de inducción magnética.

Figura 1.4 Ley de Faraday.

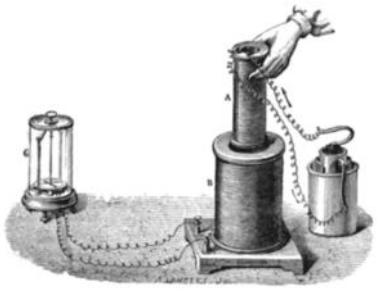


Figura 1.4. Se muestra la inducción entre dos espiras de cable, la batería aporta corriente que fluye por una espira creando un campo magnético. Fuente: Esapaciociencia.com (2015).

Años después el físico teórico “James Clerk Maxwell (1831-1879) estableció en una de sus ecuaciones que las líneas de fuerzas eléctricas comienzan y terminan solamente en las cargas eléctricas” (Gutiérrez, 2009, p.360).

1.2 La electricidad en el estudio del interior de la tierra

Desde hace muchos años los fenómenos físicos, han sido estudiados desde diferentes teorías que se desarrollaron a partir de las observaciones y experimentaciones, en especial la Física. Esta ciencia se originó de la necesidad de dar explicaciones a los acontecimientos que ocurrían en nuestro entorno y donde los sentidos eran inicialmente la única fuente de información, por lo cual, el ser humano clasificó dichos fenómenos tal como los percibía, surgiendo así diferentes campos de la física, como la mecánica, termodinámica, electromagnetismo, óptica y acústica. Estos campos hacen parte de la física clásica, pero a finales del siglo XIX y el siglo XX se descubren nuevos fenómenos que no se pueden explicar, dando origen a la física relativista, atómica, cuántica y nuclear, las cuales fueron catalogadas bajo la física moderna. Sin embargo a la hora de realizar investigaciones teniendo en cuenta cada campo de la física y su aplicación, resultan subdivisiones de ellas, que nos permiten ser más específicos a la hora de estudiar un fenómeno determinado.

Para estudiar la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la tierra, se puede recurrir a la prospección geofísica que “es una rama de la física aplicada, que se ocupa del estudio de las estructuras del interior de la tierra y de la localización de estos cuerpos delimitados por el contraste de alguna de sus propiedades físicas con las del medio circundante, por medio de observaciones realizadas en la superficie de la tierra” (Orellana, 1982, p.25).

El interior de la tierra según su composición presenta tres regiones que tienen composiciones químicas notablemente diferentes como muestra la Figura 1.5. Las principales capas que componen la tierra son:

> La corteza, capa externa comparativamente fina cuyo grosor oscila entre 3 kilómetros en las cordilleras oceánicas y 70 kilómetros en algunos cinturones montañosos como los Andes y el Himalaya. El manto, una capa de roca sólida (rica en sílice) que se extiende hasta una profundidad de unos 2900 kilómetros. El núcleo, una esfera rica en hierro con un radio de 3486 kilómetros (Tarbuck y Lutgens, 2005, p.344).

La separación en capas de distintas composiciones se produjo por la estratificación por densidades, que tuvo lugar durante el periodo de fusión parcial de las primeras etapas de la historia de la tierra. Durante este periodo, los elementos más pesados, principalmente el hierro y el níquel, se fueron hundiendo a medida que los componentes rocosos más ligeros flotaban hacia arriba.

Según las propiedades físicas las capas de la tierra se dividen en cinco: litosfera, astenosfera, mesosfera, núcleo externo y núcleo interno.

> La litosfera (esfera de roca), tiene un grosor medio de 100 kilómetros, pero puede extenderse 250 kilómetros o más por debajo de las porciones más antiguas de los continentes. Debajo de la litosfera, en el manto superior a una profundidad de 660 kilómetros se extiende una capa blanda, relativamente débil, conocida como astenosfera en la cual se dan unas condiciones de temperatura y presión que provocan una pequeña cantidad de fusión. La mesosfera se encuentra entre los 660 y 2900 kilómetros, la rocas presentes en ella estan todavía muy calientes y pueden fluir de una manera muy gradual. El núcleo externo es una capa liquida de 2270 kilómetros de espesor. El flujo convectivo del hierro metalico en el interior de esta zona es el que genera el campo magnético de la tierra. Y el

núcleo interno es una esfera de radio de 3486 kilómetros. A pesar de su elevada temperatura, el material del núcleo interno es más fuerte que el núcleo externo y se comporta como un sólido (Tarbuck y Lutgens, 2005, p.344).

Figura 1.5 Estructura de la tierra.

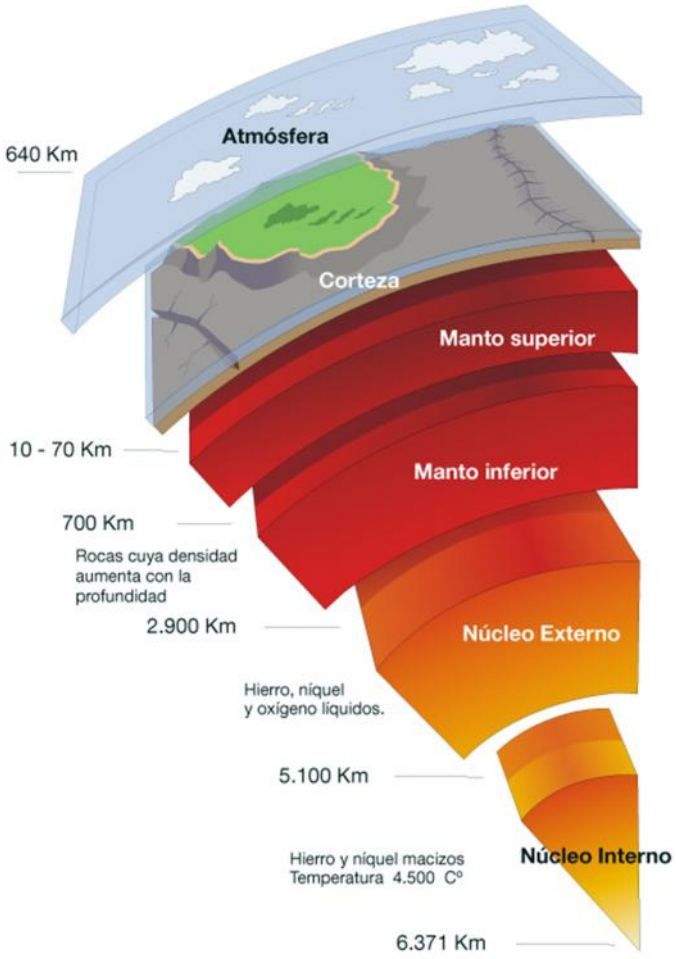


Figura 1.5. Vista de la estructura estratificada de la tierra, se muestran las capas según su composición y propiedades física, así como el espesor de cada una de ellas. Fuente: La energía interna de la tierra (2016).

En la prospección geofísica se emplean instrumentos y técnicas que con base en las leyes de la física y el empleo de modelos matemáticos permiten aproximar de una mejor manera las estructuras del subsuelo. Dentro de los métodos de prospección para el estudio del interior de la tierra tenemos el gravimétrico, magnético, eléctrico y el sísmico.

Los métodos gravimétricos y magnéticos estudian las perturbaciones que determinadas estructuras o cuerpos, producen sobre los campos gravitacional y magnético terrestre. Por otro lado el método eléctrico y sísmico generan un campo artificial. Estos tienen una gran ventaja debido a que a dichos campos se les pueden dar unas características especiales, que dependen de las necesidades de prospección.

La electricidad juega un papel fundamental en la aplicación de los métodos geoeléctricos, ya que los principios relacionados con campos eléctricos, son la base fundamental en el estudio de la estructura del subsuelo, así mismo, en el estudio de las variables geoeléctricas tales como corriente, diferencia de potencial, resistencia y resistividad.

1.2.1 Métodos Geoeléctricos y su desarrollo histórico

A los métodos eléctricos de prospección también se los denomina métodos geoeléctricos, cuyo principio se basa fundamentalmente en realizar mediciones efectuadas en superficie y analizar la distribución en profundidad de alguna magnitud electromagnética. Existen 3 magnitudes fundamentales empleadas en los estudios geoeléctricos para localizar cuerpos en el subsuelo. Estas magnitudes son la permeabilidad magnética, la constante dieléctrica o permitividad y la resistividad eléctrica, siendo la resistividad la magnitud que se estudia con mayor frecuencia ya que permite obtener información característica de los materiales que se encuentran en el subsuelo. El desarrollo de los métodos geoeléctricos relativamente es reciente, “sus orígenes se remontan al siglo XVIII con los trabajos de Gray y Wheeler (1720) sobre la resistividad de las rocas y el descubrimiento realizado en el año de 1746 por Watson, de que el suelo es conductor” (Orellana, 1982, p.29).

Tiempo después “se realizaron investigaciones y comprobación sobre ciertos minerales que se encontraban en el subsuelo, los cuales producían pequeñas corrientes eléctricas que eran medibles en la superficie, estos estudios fueron realizados por el Ingles Robert Fox en el año de 1815” (Orellana, 1982, p.29). A este fenómeno se lo denomino polarización espontánea.

Entre los años de 1880 y 1914 los científicos “Barnes, Brown y Wells miembros de Estudios Geológicos de Estados Unidos utilizan sucesivamente este método en las minas del estado de Nevada y construyen los primero electrodos impolarizables” (Orellana, 1982, p.29).

Conrad Schlumberger en 1913 descubrió yacimientos de sulfuros de Boro, usando el método de polarización espontánea. Es considerado el primer hallazgo geofísico de mineral no magnético, a este científico se le considera como el Padre de la Prospección Geofísica. En este método el campo eléctrico es generado de forma natural.

Otros científicos se dedicaron al estudio de campos eléctricos producidos artificialmente, “entre ellos el primero fue Brown, quien patentó en 1883, un sistema de prospección eléctrica con dos electrodos. Unos veinte años más tarde, Dalft y Williams obtuvieron otra patente (1902) basada en el empleo de corrientes de baja frecuencia” (Orellana, 1982, p.29).

Cerca del año de 1915 después de que los métodos eléctricos de campo artificial lograran dar buenos resultados, C. Schlumberger y el Americano Frank Wenner, por separado, logran diseñar un sistema tetraelectródico que a la postre se convirtió en la base fundamental para realizar estudios de prospección geoeléctrica utilizando campos artificiales.

La posterior evolución de los métodos geoeléctricos fueron impulsados por diferentes escuelas como la Franco-Soviética, que fue la que más contribuyó al desarrollo. En 1923, en Rumania, se logró obtener resultados significativos respecto a la localización de estructuras petrolíferas.

Para lograr que los métodos avanzaran se consolidaron una serie de bases matemáticas. Los principales protagonistas en el establecimiento de estas bases fueron Sabba Stefanescu y el físico Raymond Maillet en el año de 1925, quienes analizaron la situación en la que corrientes eléctricas constantes se propagan en medios isótropos y anisótropos. En1938 después de la muerte de Schlumberger se efectuaron los primeros sondeos eléctricos profundos aproximadamente de 1 km de penetración (Orellana, 1982).

El físico Francés Geneslay involucró a las investigaciones, el método de sondeos dipolares, los primeros se realizaron en 1945 por Yarishev, este método se sigue usando en la prospección petrolera en la región soviética. En 1954 en la antigua Unión Soviética, se involucra un método que se basa en corrientes telúricas y aunque este método tenía ciertas dificultades, él Físico L. Cagniard en 1953 logró hacer mejoras y desarrolló el método magneto-telúrico.

Los progresos en la investigación de los métodos geoeléctricos siguieron avanzando en los últimos años, entre los que figura la construcción de magnetómetros de gran sensibilidad, ya sea de tipo bobina o atómicos, los cuales se han puesto a prueba con resultados óptimos.

Han surgido una nueva clase de métodos eléctricos de campo artificial, los sondeos electromagnéticos de frecuencia variable, que han sido de mucha ayuda a la hora de hacer estudios estratificados tanto para campo constante, como para campo variable, además los dispositivos computacionales, así como los sistemas informáticos se han involucrado en el estudio y cálculo de datos, para lograr realiza una mejor interpretación de las estructuras inmersas en el subsuelo.

2. Fundamentación conceptual

2.1 Fundamentos de electricidad

2.1.1 Carga eléctrica y campo eléctrico

Todo material que se encuentra en el entorno está constituido por átomos, estos a su vez de partículas más pequeñas como los electrones, protones y neutrones. ”El átomo consiste en un núcleo de carga positiva rodeado de electrones. Los protones del núcleo atraen a los electrones y los mantiene en órbita del mismo modo en el que el sol mantiene en órbita a los planetas. Este comportamiento de atracción y repulsión se atribuye a una propiedad llamada carga eléctrica” (Hewitt, 1998, p.535). La Figura 2.1 muestra el modelo propuesto a principio de siglo XX por Ernest Rutherford y Niels Bohr.

Figura 2.1 Modelo atómico Rutherford.

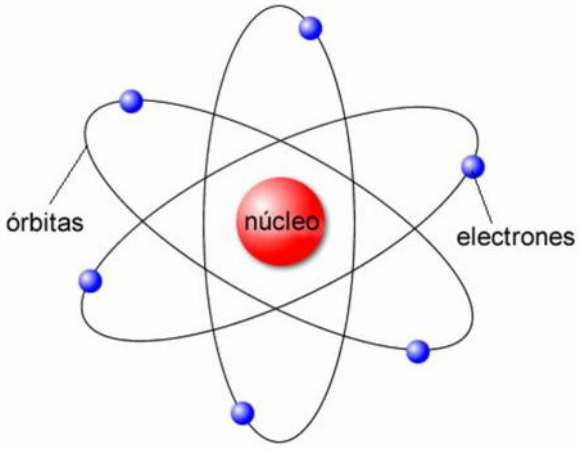


Figura 2.1. El descubrimiento de Rutherford reveló que el átomo posee un núcleo con carga positiva y un enjambre de electrones negativos orbitan el núcleo de manera parecida a como los planetas orbitan el Sol. Fuente: Conexión casual (s.f).

De esta manera la carga eléctrica, es la propiedad presente en los cuerpos que al ser frotados son capaces de atraer otros objetos, por lo cual se pueden establecer dos tipos de carga:

positiva y negativa, considerando así, que “todo objeto cuyo número de electrones sea distinto del de protones, posee una carga eléctrica. Si tiene más electrones que protones, su carga es negativa. Si tiene menos electrones que protones su carga es positiva” (Hewitt, 1998, p.538).

Una de las leyes fundamentales de la física está relacionada con la carga eléctrica, la cual establece que la cantidad total de la carga eléctrica en el universo permanece constante; esta ley es denominada Ley de la conservación de la carga eléctrica. Debido a esta ley y mediante métodos experimentales se ha encontrado que: En todos los procesos observados en la naturaleza, la carga total de un sistema aislado permanece constante.

Si se tiene en cuenta que los materiales, no tienen el mismo comportamiento cuando se ponen en contacto con otros cuerpos cargados eléctricamente, debido a que ciertos materiales permiten trasmitir la carga eléctrica con mayor facilidad que otros, los materiales conductores permiten el paso de las cargas eléctricas, mientras que los aisladores no lo permiten. Entre los materiales que mejor conducen la carga eléctrica tenemos lo metales y la mayor parte de los no metales son aisladores. En la Tabla 2.1, se citan algunos ejemplos.

Tabla 2.1 Conductores y aisladores.

Conductor	**Aislador**
Platino	Madera
Plata	Vidrio
Oro	Polietileno
Cobre	Plástico
Aluminio	Cerámica

Una carga eléctrica ya sea positiva o negativa, genera en su alrededor un campo eléctrico Figura 2.2, el cual es “una región del espacio que rodea a una carga eléctrica o conjunto de cargas eléctricas, en la cual otra carga eléctrica sentirá una fuerza de origen eléctrico, ya sea de atracción o de repulsión, de acuerdo con el signo de las cargas” (Gutiérrez, 2009, p.369).

Figura 2.2 Fuerza de repulsión y atracción.

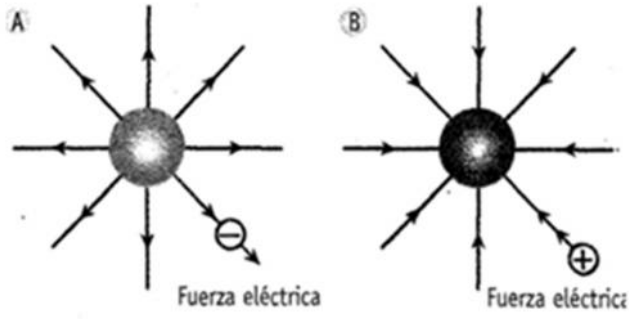


Figura 2.2. Se muestra dos cargas puntuales de diferente signo, las flechas indican la dirección de la fuerza eléctrica producida por cada carga puntual. Fuente: Matemáticas y Física (2009).

Si se acerca una carga eléctrica a un campo eléctrico que es generado por otra carga, la fuerza experimentada por ella, no es la misma en los diferentes punto del campo, la magnitud que permite describir la región del espacio que rodea a una carga eléctrica es la intensidad de campo eléctrico.

La intensidad de campo eléctrico "es una medida de la fuerza eléctrica por unidad de carga eléctrica que experimenta una carga eléctrica en un punto de dicho campo" (Gutiérrez, 2009, p.369). La expresión matemática que la define es:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \tag{2.1}$$

Donde q_0 es la carga de prueba, y $\vec{F}$ es la fuerza que experimenta dicha carga en el campo eléctrico, en el sistema internacional de medidas (S.I) la unidad de campo eléctrico es $\frac{Newton}{Coulomb} = \frac{N}{C}$.

Cuando el campo en un punto cualquiera (P) es generado por varias cargas puntuales Figura 2.3, $q_1, q_2, q_3 \ldots\ldots q_n$ se determinan los vectores $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3 \ldots\ldots \vec{E}_r$ en dicho punto y luego se suman vectorialmente, por lo tanto el campo resultante $\vec{E}_r$ será:

$$\vec{E}_r = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 \ldots\ldots + \vec{E}_r \tag{2.2}$$

Figura 2.3 Campo eléctrico generado por varias cargas.

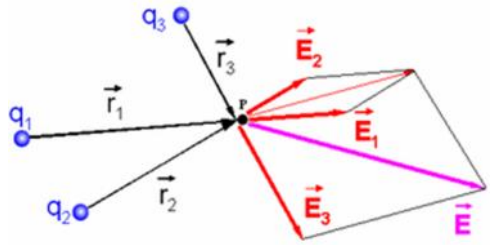


Figura 2.3. Representación de las líneas de campo eléctrico generado por varias cargas puntuales. Fuente: Electricidadfiscamatematica (2015).

2.1.2 Potencial eléctrico y diferencia de potencial

De igual forma que a cada punto de un campo eléctrico se le asocia una magnitud vectorial llamada intensidad de campo eléctrico, también se le puede asociar a cada punto de dicho campo eléctrico una magnitud escalar denominada potencial eléctrico. El potencial eléctrico debido a una carga puntual en el punto "P" se define como:

$$\boldsymbol{V = \frac{kq}{r}} \tag{2.3}$$

En el sistema internacional (S.I) la unidad de potencial eléctrico es el Voltio (V), y donde k es una constante de proporcionalidad, se puede expresar como:

$$\boldsymbol{k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}} \tag{2.4}$$

Donde $\varepsilon_0 = permitividad\ en\ vacio = 8{,}85\ x\ 10^{-12}\ \frac{N.m^2}{C^2}$.

Figura 2.4 Potencial eléctrico debido a una carga puntual.

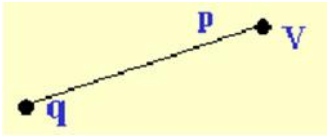


Figura 2.4. Se muestra la interpretación del potencial debido a una carga puntual, donde se quiere llevar la carga "q" al punto "P". Fuente: Álvarez (s.f).

Si en la región existen varias cargas puntuales $q_1, q_2, q_{3\ldots\ldots}q_n$ el potencial eléctrico debido a estas cargas en un punto "P" se determina de manera individual, y posterior se suman algebraicamente los valores del potencial eléctrico $V_1, V_2, V_3, V_4 \ldots\ldots V_n$ obteniéndose así el potencial eléctrico total V_{total} en el punto "P". Matemáticamente se calcula de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{V_{total} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \ldots\ldots V_n} \qquad (2.5)$$

Figura 2.5 Potencial eléctrico debido varias cargas puntuales.

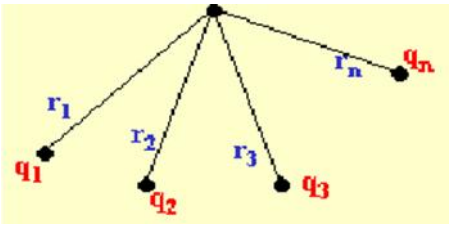


Figura 2.5. Representación del potencial eléctrico debido a varias cargas, establece la capacidad para llevar cada carga a un punto "P". Fuente: https://haroldalvarez.files.wordpress.com/2008/09/image0011.gif.

Cuando se tiene un campo eléctrico, el potencial eléctrico se puede representar mediante un diagrama tridimensional llamado superficies equipotenciales Figura 2.6. "Una superficie de este tipo es aquella en la que todos los puntos están al mismo potencial" (Gutiérrez, 2009, p.382). Cuando se realiza la representación en un papel, simplificando la realidad tridimensional a dos dimensiones, la traza de la superficie equipotencial sobre el papel se le denomina líneas equipotenciales.

Figura 2.6 Superficies equipotenciales.

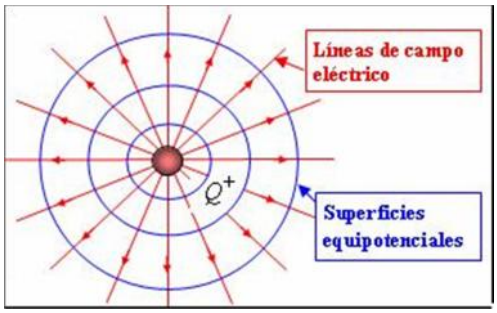


Figura 2.6. Representación de un campo eléctrico y un potencial eléctrico por una carga de prueba "Q". Fuente: Álvarez (s.f).

En la práctica es de gran utilidad sobre todo en la parte ingenieril y científica, lograr establecer el trabajo que realiza una carga eléctrica entre dos puntos. Por lo que es necesario relacionarse con el concepto de diferencia de potencial eléctrico.

“La diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos es el trabajo por unidad de carga positiva que realizan fuerzas eléctricas para mover una carga de prueba desde el punto de mayor potencial eléctrico al de menor potencial” (Gutiérrez, 2009, p.383).

Figura 2.7 Diferencia de potencial entre dos puntos.

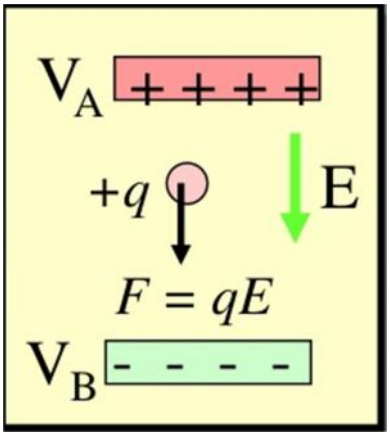


Figura 2.7. La fuerza eléctrica realiza trabajo para mover una car “+q” desde el punto V_A hasta el punto V_B. Fuente: Tippens (2007).

Según la figura 2.7 la diferencia de potencial entre los puntos A y B de un campo eléctrico está dada por la siguiente expresión matemática:

$$\Delta V = V_A - V_B = \frac{T_{A \to B}}{q} \qquad (2.6)$$

Donde $\Delta V = V_A - V_B$ es la diferencia de potencial eléctrico, $T_{A \to B}$ Trabajo para llevar la carga eléctrica de A - B, q valor de la carga eléctrica que se traslada de A - B. La diferencia de potencial es comúnmente llamado voltaje.

2.1.3 Corriente eléctrica

La corriente eléctrica es el flujo de la carga eléctrica, en pocas palabras es un conjunto de cargas en movimiento que se establece a partir de una diferencia de potencial eléctrico y por lo cual las cargas se mueven a través del material Figura 2.8.

En un conductor metálico, los electrones se encuentran en movimiento desordenado debido a factores producidos por la temperatura, estos electrones libres pasan de un átomo a otro. Cuando se establece una diferencia de potencial entre los extremos de un material conductor, las cargas negativas tienden a moverse en sentido contrario a las del campo eléctrico y las positivas en el mismo sentido de las del campo.

***Figura 2.8 Corriente eléctrica*.**

Figura 2.8. Movimiento de electrones pasan de un cuerpo negativo al positivo. Fuente: Electrónica unicrom (2002-2012)

Si se aplica un campo eléctrico en el interior de un conductor, este campo actuará sobre las cargas libres, provocando un movimiento. El sentido de la corriente eléctrica se ha establecido de acuerdo con el sentido del movimiento de las cargas positivas. El movimiento de las cargas eléctricas positivas se denomina corriente convencional ya que en un conductor metálico se tienen en realidad corriente de electrones, que se mueve en sentido contrario al del campo eléctrico.

La corriente eléctrica se puede clasificar de acuerdo al sentido en que se mueven las cargas eléctricas:

- **Corriente continua:** Es aquella en la que las cargas eléctricas fluyen siempre en el mismo sentido, por ejemplo la pila eléctrica produce una corriente continua.

- **Corriente alterna:** Es aquella en la que las cargas eléctricas se desplazan primero en un sentido y luego en el sentido opuesto, a través de un circuito.

Para cuantificar la cantidad de corriente eléctrica que fluye por un conductor se emplea la intensidad de corriente eléctrica, la cual se designa por “I” y se define como “cantidad de cargas

eléctricas que pasan por el área transversal de un conductor en la unidad de tiempo" (Gutiérrez, 2009, p.406). Matemáticamente se expresa por:

$$I = \frac{q}{t} \tag{2.7}$$

Donde I es la intensidad de corriente eléctrica, cuya unidad en el S.I es ampere (A), q es la carga eléctrica y t es el tiempo.

2.1.4 Resistencia, resistividad y Ley de ohm

La cantidad de corriente que fluye por un circuito depende del voltaje suministrado por la fuente y de la oposición que presenta el conductor al flujo de carga eléctrica. Es decir, de su resistencia eléctrica, la cual a su vez depende de la resistividad del material del que esta hecho. Además, la resistencia eléctrica depende de otros factores tales como tipo, diámetro, longitud y temperatura del conductor. Sin embargo los diferentes materiales conductores presentan una resistencia al paso de corriente que no es igual para todos.

La expresión matemática que permite relacionar la resistencia con sus factores de dependencia es la siguiente:

$$R = \rho \frac{L}{A} \tag{2.8}$$

Donde R es la resitencia eléctrica que en el S.I su unidad es el ohm (Ω), L es la longitud del conductor, A es el área de la sección transversal del material conductor y ρ es la constante característica del material llamada resistividad eléctrica.

Figura 2.9 Resistencia eléctrica.

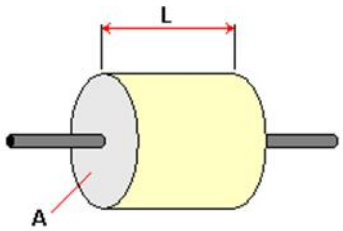


Figura 2.9.Material cilíndrico de longitud "L" y sección transversal "A", por donde circula una corriente eléctrica.
Fuente: Electrónica unicrom (2002-2012)

La resistividad eléctrica es "una constante que mide la capacidad de un material a resistirse al paso de la corriente eléctrica" (Gutiérrez, 2009, p.414). La resistividad eléctrica es una

característica propia de un material, cuya unidad en el S.I es el ($\Omega.m$), la resitividad nos indica que tanto se opone el material al paso de corriente. Se le designa con la letra griega rho minúscula (ρ). La mayoría de los valores de resistividad están tabulados para diferentes temperaturas. Para 20°C los valores comunes son:

Tabla 2.2 Resistividad de algunos materiales a 20° C.

Sustancia	Resistividad ($\Omega.m$)
Plata	1,48
Cobre	1,72
Oro	2,44
Aluminio	2,75
Hierro	9,7
Tungsteno	5,3
Acero	20
Mercurio	95
Nicromo	100
Constantán	49
Carbono	3,5
Germanio puro	0,6
Silicio puro	2300
Ámbar	5
Vidrio	10^{10} — 10^{14}
Mica	10^{11} — 10^{15}
Teflón	10^{16}
Madera	10^{8} — 10^{11}
Hule	10^{13} — 10^{16}

Nota Fuente: Gutiérrez, C. (2009), Física general (p.414).

Para considerar; un conductor perfecto tendrá una resistividad cero y un aislador perfecto tendría una resistividad infinita. Los metales y aleaciones tienen valores de resistividad bajos por lo que son mejores conductores.

El reciproco de la resistividad es la conductividad que se representa por la letra griega sigma minúscula y su expresión matemática es la siguiente:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \qquad (2.9)$$

La unidad de conductividad en el S.I es $(\Omega.m)^{-1}$.

El físico alemán George Ohm (1787-1854 d.C.) trabajando con conductores de diferentes características de grosor y longitud, descubrió que existe una relación directa entre la diferencia de potencial, la resistencia eléctrica y la cantidad de corriente trasportada. A esta relación se la conoce como la Ley de ohm que se formula de la siguiente manera: “La intensidad de corriente eléctrica trasportada por un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial en sus terminales e inversamente proporcional a su resistencia eléctrica” (Gutiérrez, 2009, p.418). Matemáticamente la Ley de ohm se expresa de la siguiente manera:

$$I = \frac{V}{R} \tag{2.10}$$

Donde I es la intensidad de corriente eléctrica a lo largo del conductor; V es la diferencia de potencial entre los extremos del conductor y R es la resistencia eléctrica del conductor. La Ley de ohm solo se aplica a los resistores óhmico o lineales, ósea, resistores en los cuales I es proporcional a V en cierto intervalos de valores de I y V. Estos resistores se caracterizan por la línea recta al graficar I contra V.

Figura 2.10 Ley de ohm.

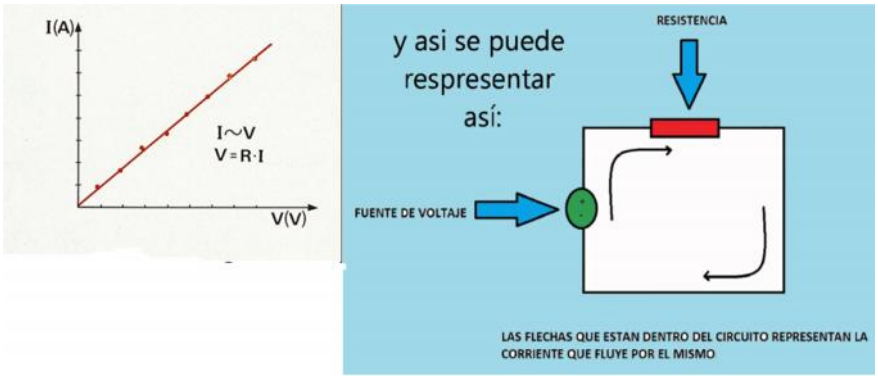


Figura 2.10. Grafica de un material óhmico y representación del flujo de corriente en un circuito. Fuente: Gobierno de Canarias (s.f).

2.2 La resistividad en la prospección geoeléctrica

Para el estudio de los materiales que se encuentran en el subsuelo, es necesario realizar un estudio de las propiedades electromagnéticas de las rocas y los minerales que las constituyen. Estas propiedades se expresan principalmente por tres magnitudes físicas que son la resistividad eléctrica (o su inversa la conductividad), la constante dieléctrica y la permeabilidad magnética.

La resistividad de los materiales naturales presenta una variación desde los 10^{-8} en los metales hasta 10^{15} en micas (minerales pertenecientes a un grupo numeroso de silicatos de alúmina, hierro, calcio, magnesio y minerales alcalinos). Los valores de resistividad en rocas están determinados más que por su composición mineralógica, por la cantidad de agua que contienen en su poros y por la salinidad del agua, entre más salinidad existe mayor conductividad.

Tabla 2.3 Resistividad de algunos materiales naturales..

Material	Resistividad ( )
Rocas ígneas y metamórficas inalteradas	>1000
Rocas ígneas y metamórficas alteradas o diaclasadas	100 a 1000
Calizas y areniscas	100 a más de 1000
Arcillas	1 a 10
Limos	10 a 100
Arenas	100 a 1000
Gravas	200 a más de 1000

Nota Fuente: Astier, J. (1982), Geofísica aplicada a la hidrogeología (p.59).

Los cuerpos conductores permiten el paso de portadores de carga eléctricas, estos portadores pueden ser electrones o iones, por lo que se puede distinguir dos tipos de conductividad la eléctrica y la iónica.

2.2.1 Métodos geoeléctricos

Los métodos geoeléctricos se caracterizan por utilizar el paso por el terreno de una corriente natural o artificial. Estos métodos son variados y se clasifican en los que utilizan corrientes naturales como el de polarización espontánea, telúrico y los que utilizan corrientes artificiales como el de equipotenciales, caída de potencial, resistividades y polarización inducida. En este caso se utiliza el método de resistividades que es el más utilizado y permite lograr una mejor comprensión a la hora de explicar la importancia y comprensión de la resistividad en el estudio del subsuelo.

El método de resistividad consiste en la inyección de corriente al subsuelo mediante una fuente de voltaje. En este caso las corrientes que interesan en el estudio no recorren conductores lineales como hilos o cables, sino que se mueven en un medio tridimensional por lo que hay que estudiar las leyes físicas que obedecen estas corrientes.

Para hacer el estudio de este problema más fácil de abordar desde el punto de vista matemático, se tendrá que despreciar algunas condiciones reales, y se supone que el subsuelo está compuesto de varias zonas, dentro de cada una de las cuales la resistividad es constante y separadas entre sí por superficies límites perfectamente planas.

Supongamos que se introduce una corriente de intensidad *I* al terreno en un punto A, y mediante la Ley de ohm se calcula la resistencia eléctrica *R,* que se opone al paso de corriente a un casquete semiesférico de radio *r* y espesor *dr,* como muestra la figura 2.11.

Figura 2.11 Inyección de corriente en el punto A.

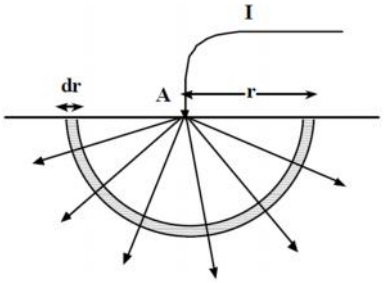


Figura 2.11. Se introduce corriente en el punto A y su intensidad se reparte por todo el espacio de un casquete semiesférico de espesor dr. Fuente: Sánchez (s.f).

$$\boldsymbol{R = \rho \frac{L}{A} = \rho \frac{dr}{2\pi r^2}} \qquad (2.11)$$

Aplicando la Ley de ohm se tiene:

$$\boldsymbol{V = \rho \frac{I}{2\pi r}} \qquad (2.12)$$

Para introducir la corriente es necesario que exista otro electrodo B (Figura 2.12), por el cual el potencial generado en un punto M, será igual al producido por A, menos el producido por B.

Figura 2.12 Potencial en el punto M.

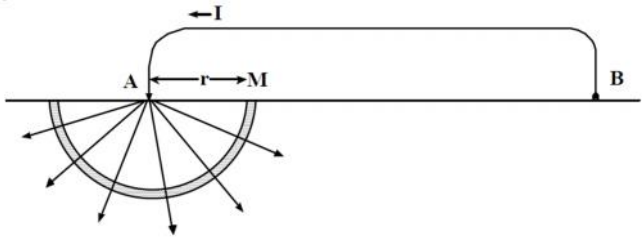


Figura 2.12. Se introduce el electrodo B para encontrar una diferencia de potencial entre AM y B. Fuente: Sánchez (s.f).

Por lo que el potencial en M es:

$$V_M = \frac{\rho I}{2\pi r} - \frac{\rho I}{2\pi r} \tag{2.13}$$

En la práctica no es de gran utilidad calcular el potencial en un solo punto, sino que se mide la diferencia de potencial en dos puntos en este caso en los puntos M y N, como muestra la Figura 2.13.

$$V_M = \frac{\rho I}{2\pi r} - \frac{\rho I}{2\pi r} \tag{2.14}$$

Figura 2.13 Potencial puntos M y N.

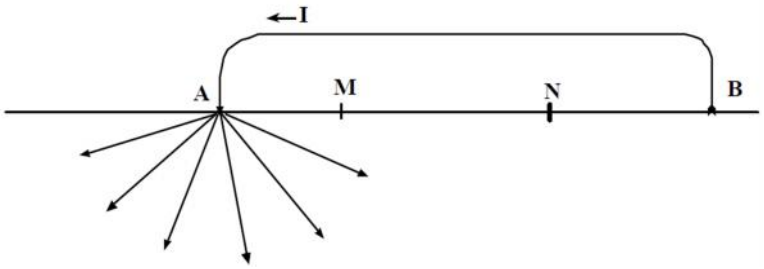


Figura 2.12.Configuracion general de electrodos para encontrar el potencial entre dos puntos. Fuente: Sánchez (s.f).

Por lo que la diferencia de potencial en los puntos M y N es:

$$V_M - V_N = \rho \frac{I}{2\pi} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r} - \frac{1}{r} + \frac{1}{r} \right) \tag{2.15}$$

Despejando la resistividad (ρ):

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} \quad \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}\right)} \tag{2.16}$$

Simplificando la ecuación (2.16) y llamando K (constante) a la segunda fracción de la ecuación se obtiene la ecuación fundamental para análisis de la resistividad en campo empleada en los métodos de prospección geoeléctrica.

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} \; K \tag{2.17}$$

El método anterior consiste en introducir corriente al terreno por medio de dos electrodos, el electrodo A es por donde ingresa la corriente y el B por donde sale. Esta corriente genera una diferencia de potencial en la superficie que se mide por medio de los electrodos M y N.

2.2.2 Sondeos eléctricos y dispositivos electródicos

Un sondeo eléctrico consiste en establecer una relación entre la profundidad y la resistividad aparente de un terreno a través de medidas en la superficie, realizadas con ayuda de un dispositivo de cuatro electrodos ABMN, alineados simétricamente respecto del centro, aunque existen otras configuraciones donde los electrodos no están alineados: “La profundidad de investigación puede regularse variando la distancia entre los electrodos A, B de corriente” (Astier, 1982, p.77).

Los dispositivos electródicos mas empleados son los de Schlumberger, Wenner y dipolo-dipolo. Los de Schlumberger y Wenner son rectilíneos y simétricos, los cuatro electrodos están alineados y el punto “0” es el centro común de AB y MN, como muestra la figura 2.14.

En los dispositivos Schlumberger la distancia MN es pequeña en relación con AB, generalmente AB/5 > MN > AB/20. En la práctica MN se mantiene tan pequeño como sea posible. El dispositivo Wenner mantiene igual las distancias AM=MN=NB, de modo que, si se mueve A y B, también hay que mover M y N (Figura 2.14).

Figura 2.14 Dispositivos Schlumberger y Wenner.

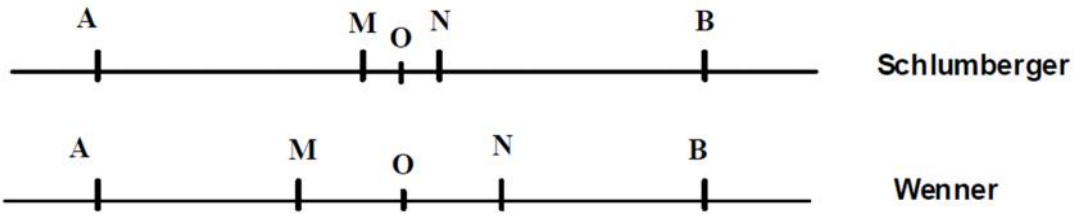


Figura 2.14.Configuracion rectilínea simétrica, donde se varía uniformemente los electrodos AB y MN. Fuente: Sánchez (s.f).

En los dispositivos dipolares a diferencia de los anteriores, la profundidad de investigación no se regula aumentando la separación entre los electrodos A y B sino aumentado la distancia entre los centros de los dos dipolos AB y MN.

Figura 2.15 Dispositivo dipolar.

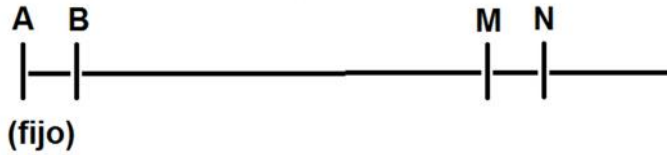


Figura 2.15.Configuracion en la cual los electrodos de corriente A B permanecen fijos, mientras se varía los electrodos MN de potencial. Fuente: Sánchez (s.f).

La configuración que muestra la Figura 2.15, permite realizar investigaciones a gran profundidad, además se necesita menor tendido de cable para la conexión, aunque las fuentes de alimentación deben ser de mayor potencia. Lo anterior me permite identificar el método más adecuado para realizar las prácticas teniendo en cuenta las necesidades de estudio.

3. Fundamentación Pedagógica

3.1 Estrategia didáctica

Las estrategias didácticas son un proceso de enseñanza aprendizaje en donde el docente escoge una serie de técnicas para alcanzar un objetivo determinado. Estas incluyen estrategias de enseñanza relacionadas con el docente y estrategias de aprendizaje relacionadas con el estudiante.

En la práctica docente es fundamental el diseño de estrategias que permitan construir el conocimiento de una forma creativa y reflexiva. Estas actividades buscan que el estudiante reconozca sus conceptos previos, los profundice y crea nuevos conocimientos.

Es el docente quien logra identificar y activar los conocimientos previos de los estudiantes, así como profundizarlos para que los alumnos construyan nuevos, con base en las actividades que se desarrollen en la estrategia. Por parte del estudiante se debe tener disposición, desarrollo de pensamiento crítico y un sentido de responsabilidad para el desarrollo de las actividades.

Es importante resaltar que las estrategias se encaminen a despertar confianza en los estudiantes, permitan tener una comunicación directa además de fortalecer el liderazgo entre los estudiantes. En general las estrategias didácticas siguen la siguiente secuencia:

- Apertura o inicio: Es el momento en el que el docente reconoce los conocimientos previos y motiva para el desarrollo de las actividades.

- Desarrollo y aprendizaje: Es el momento en el que se emplea el método a utilizar en la estrategia y en donde se desarrollan las competencias a fortalecer.

- Culminación o Cierre: Es el instante donde se realiza la evaluación de los aprendizajes para lograr establecer conclusiones de la estrategia.

3.1.1 Estrategias de enseñanza

Referente a las estrategias de enseñanza se han dado algunos significados, entre los cuales se puede citar:

• “Las estrategias de enseñanza es el conjunto de elementos teóricos, práctico y actitudinales donde se concretan las acciones docentes para llevar a cabo el proceso educativo” (Cepes, 2000).

Otro significados que destaca el uso de las estrategias de enseñanza para promover el aprendizaje significativo lo expone Herrera (1999):

• “Las Estrategias de enseñanzas son los procedimientos o recursos utilizados por el agente de enseñanza para promover aprendizajes significativos” (p.113).

Estas estrategias van directamente relacionadas con el docente, y es él quien determina las metodologías a implementar para que el estudiante logre el aprendizaje.

3.1.2 Estrategias de aprendizaje

Son las que involucran directamente al estudiante. Algunos autores las definen como:

• “Son acciones específicas tomadas por el estudiante para hacer el aprendizaje más fácil, rápido, disfrutable, auto dirigido, y transferible a nuevas situaciones”. (Pérez, 2014).

• “Las estrategias comprenden el plan diseñado deliberadamente con el objetivo de alcanzar una meta determinada, a través de un conjunto de acciones (que puede ser más o menos amplio, más o menos complejo) que se ejecuta de manera controlada” (Kalhil, 2007).

• “Las estrategias de aprendizaje son procesos de toma de decisiones (conscientes e intencionales) en los cuales el alumno elige y recupera, de manera coordinada, los

conocimientos que necesita para complementar una determinada demanda u objetivo, dependiendo de las características de la situación educativa en que se produce la acción" (Dueñas y Cano, 2013).

Para este proyecto se propone una estrategia, en donde se espera que el estudiante desarrolle capacidades para solucionar problemas y tomar decisiones, además que las actividades propuestas, le exijan una clara percepción de los conceptos de ciencias físicas y su aplicación en la vida real.

3.2 Método de Aprendizaje Activo

El aprendizaje activo es un mecanismo que permite que el estudiante y el docente interactúen realizando un proceso en el cual logren identificar lo que se aprende y lo que hace falta por aprender, el aprendizaje activo se enmarca por un enfoque constructivista por lo cual se menciona que:

> "El método de aprendizaje activo pretende alcanzar el desarrollo de las capacidades del pensamiento crítico y del pensamiento creativo. La actividad de aprendizaje está centrada en el educando donde se pretende construir su conocimiento a través de la observación directa del mundo real.
>
> Se puede considerar al Aprendizaje Activo, como una estrategia de enseñanza – aprendizaje cuyo diseño e implementación se centra en el alumno al promover su participación y reflexión continúa a través de actividades que promueven el diálogo, la colaboración, el desarrollo y construcción de conocimientos, así como habilidades y actitudes.
>
> Las actividades con Aprendizaje Activo se caracterizan por ser motivadoras y retadoras, orientadas a profundizar en el conocimiento, además de desarrollar en los alumnos las habilidades de búsqueda, análisis y síntesis de la información, así como de promover una adaptación activa a la solución de problemas, con énfasis en el desarrollo de las competencias de niveles simples a complejos.

> Las actividades se organizan para desarrollarse tanto en espacios presenciales como virtuales, o bien en combinación de los mismos. Implican trabajo individual y grupal donde la información es compartida por parte de profesor y alumnos.”(García, 2014).

Entre las diversas actividades que se desarrollan en el aprendizaje activo se pueden mencionar las clases teóricas demostrativas, donde el docente prepara una experiencia y la presenta a sus estudiantes y a partir de ella se construye el concepto que se quiere comprender. En el laboratorio de aprendizaje activo cada estudiante realiza la práctica, identifica lo que sucede, explica el fenómeno y junto al profesor construyen el concepto a aprender.

4. Propuesta didáctica

4.1 Generalidades

Para el desarrollo de la propuesta didáctica se utiliza el método de aprendizaje activo, específicamente el uso de clases teóricas demostrativas, esto con la intensión de que el estudiante por medio de las experiencias en clase, construya un nuevo conocimiento de forma activa del concepto de resistividad eléctrica de los materiales, esta propuesta va dirigida a estudiantes de educación media vocacional.

Como primer paso se realizan pruebas diagnósticas de conocimientos previos, relacionados con electricidad básica, tratando temas como: Corriente eléctrica, diferencia de potencial, conducción de los materiales, resistencia y resistividad. Las preguntas de la primera prueba diagnóstica son abiertas, esto con la intensión de relacionarlos con este tipo de preguntas que son propuestas desde el 2014 en las pruebas saber 11.

En un segundo momento se proponen 3 sesiones de clases demostrativas utilizando el método de aprendizaje activo.

El objetivo general de la primera sesión es:

- Identificar la oposición que presentan los materiales al paso de corriente, teniendo en cuenta el tipo de material, su longitud y su sección transversal.

Esta sesión consta de tres actividades demostrativa, cada una tiene como objetivo:

- Identificar los materiales que se resisten al paso de corriente eléctrica.
- Analizar la relación que existe entre la longitud y tipo de material, con su resistencia al paso de corriente eléctrica.

- Analizar la relación que existe entre el diámetro de un conductor con su resistencia eléctrica.

Para la segunda sesión se pretende cumplir el siguiente objetivo:

- Determinar la resistividad de un material utilizando la ley ohm.

El objetivo de la tercera sesión busca:

- Comprender y reconocer el concepto de resistividad y su aplicación en el estudio del subsuelo mediante métodos geoeléctricos.

4.2 Metodología

Para la implementación de la propuesta se tienen en cuenta estudiantes de educación media vocacional, a los cuales se les realiza, en primera instancia una prueba diagnóstica para identificar las debilidades y fortalezas sobre los conceptos de electricidad, en especial cuestionamientos relacionados con las propiedades y variables eléctricas de los materiales.

Posterior al análisis de los resultados de las pruebas diagnósticas, se inicia con la elaboración de la propuesta didáctica, la cual se establece en sesiones, cada una con diferentes actividades y donde se establecen los tiempos.

Se proponen 3 sesiones cada una con sus correspondientes actividades donde se desarrolla una clase teórica demostrativa y donde se tiene en cuenta los siguientes criterios.

- El docente describe el experimento y, si fuera necesario, lo realiza sin proyectar el resultado del experimento.
- Los estudiantes deben registrar su predicción individual en la hoja de predicciones.
- Los estudiantes discuten sus predicciones en un pequeño grupo de discusión con sus 2 o 3 compañeros más cercanos.
- Cada grupo nombra un relator que registra la predicción final del grupo en la hoja de predicciones de grupo.
- El docente recoge (verbalmente o por escrito) las predicciones de cada grupo.

- El docente realiza la demostración destacando los resultados.
- Se pide a algunos estudiantes que para toda la clase, describan los resultados y los discutan en el contexto de la demostración. Los estudiantes registran estos resultados en la hoja de resultados, la cual se llevan para estudiar.
- Los estudiantes (o el docente) realizan una síntesis de los conceptos involucrados en los resultados anteriormente analizados. Además se discuten situaciones análogas con diferentes características superficiales (o sea, diferentes situaciones, pero que responden al mismo concepto(s).)

4.3 Sesiones

4.3.1 Sesión 1 Pruebas diagnosticas

(TOTAL TIEMPO ESTIMADO: 50 MINUTOS)

Para la implementación de la propuesta didáctica se realizan dos pruebas diagnósticas. La primera prueba consiste en una serie de preguntas abiertas (ver Anexo A), que permite identificar y lograr establecer el nivel de conocimientos sobre temas básicos de electricidad. Comienza con dos preguntas donde el estudiante debe explicar de dónde proviene la energía suministrada a los dispositivos de su hogar y como esta energía llega a sus hogares. En segunda instancias se les pide explicar conceptos básicos de electricidad tales como corriente eléctrica, flujo de corriente, potencial eléctrico, diferencia de potencial, corriente continua y corriente alterna.

La aplicación de esta prueba es fundamental, ya que permite establecer un punto de partida para fijar la secuencia y temas que se van a trabajar en cada sesión y así aproximarse paulatinamente a la comprensión del concepto de resistividad y el uso de métodos geoeléctricos.

La segunda prueba diagnóstica es un test que permite identificar, que tanto conoce el estudiante sobre el concepto de resistividad eléctrica de los materiales y su utilidad para el estudio de la tierra.

El test consta de 10 preguntas de selección múltiple (ver Anexo B), con única respuesta. La primera y segunda pregunta permite determinar en el estudiante su conocimiento sobre el

significado del concepto de resistividad eléctrica. La tercera pregunta se formula con el propósito de reconocer la diferencia entre la resistividad y resistencia eléctrica. La cuarta pregunta se plantea con la intención de que el estudiante identifique la expresión matemática que relaciona la resistividad y resistencia eléctrica en un material conductor.

La quinta pregunta se elabora para identificar si el estudiante reconoce las unidades de resistencia eléctrica y resistividad eléctrica en el sistema internacional de medida S.I. Las preguntas sexta y séptima permiten que el estudiante analice la relación de resistencia y resistividad al variar los valores de longitud y área de un medio conductor. La octava y novena pregunta tiene la intención de lograr que el estudiante reconozca los materiales conductores y aislantes. La décima pregunta se plantea con el objetivo de que el estudiante evidencie la importancia de la resistividad para el estudio de materiales que se encuentran en el subsuelo.

Las pruebas diagnósticas se realizan en una unidad de clase, cada unidad de clase es de 60 minutos, para la primera prueba diagnóstica (preguntas abiertas) se estipula un tiempo de 35 minutos y para la segunda (test) 15 minutos.

4.3.2 Sesión 2: Materiales Conductores y Aislantes

(TOTAL TIEMPO ESTIMADO: 180 MINUTOS)
Esta sesión está constituida por 3 actividades, en las cuales se trabajan los conceptos de conducción y resistencia eléctrica de los materiales, así como, la influencia de la longitud y el área de un conductor al paso de la corriente eléctrica.

En las tres actividades la secuencia de trabajo inicia con las predicciones individuales, predicciones grupales, socialización de predicciones por cada grupo, demostración del experimento a los estudiantes, resultados y discusión.

Es importante en la enseñanza de las ciencias que los estudiantes logren confrontar las situaciones teóricas con las experimentales.

Descripción de Actividades:

Tabla 4.1 Sesión 2.

Actividad 1	Actividad 2	Actividad 3
Conducción eléctrica de los materiales.	Resistencia eléctrica de los materiales 1.	Resistencia eléctrica de los materiales 2.
Tiempo estimado		
60 minutos	60 minutos	60 minutos
Objetivos		
Identificar los materiales que se resisten al paso de corriente eléctrica.	Analizar la relación que existe entre la longitud y tipo de material, con su resistencia al paso de corriente eléctrica.	Analizar la relación que existe entre el diámetro de un conductor con su resistencia eléctrica.
Materiales		
Guía experimental 1 (Anexo C), batería 9 V, Bombillo 0,7 watts, caimanes o pinzas de electrónica, arena, vidrio, tierra, metal, agua y pulsador.	Guía experimental 2 (Anexo C), multímetro, barras de 1 m de longitud de cobre, aluminio y hierro, flexómetro y bornes de conexión.	Guía experimental 3 (Anexo C), multímetro, barras de cobre calibre 8,10 y12, vernier y bornes de conexión.
Procedimiento		
En la actividad 1 los estudiantes deben estimar que sucede cuando se cierra un circuito eléctrico mediante diferentes tipos de materiales, y lograr decir si dicho material conduce o no conduce la corriente eléctrica.	En la actividad 2 los estudiantes deben analizar la relación que existe entre la longitud de un conductor con su resistencia al paso de corriente.	En la actividad 3 los estudiantes deben analizar la relación que existe entre el diámetro de la sección trasversal de un conductor con su resistencia al paso de corriente.
Tiempo de predicciones		
Hoja de predicciones individuales: 10 minutos. Hoja predicciones grupales: 10 minutos. Hoja de resultados: 10 minutos.	Hoja de predicciones individuales: 10 minutos. Hoja predicciones grupales: 10 minutos. Hoja de resultados: 10 minutos.	Hoja de predicciones individuales: 10 minutos. Hoja predicciones grupales: 10 minutos. Hoja de resultados: 10 minutos.

4.3.3 Sesión 3: Relación de variables eléctricas.

(TOTAL TIEMPO ESTIMADO: 60 MINUTOS)

Esta sesión plantea una actividad que permite relacionar las variables eléctricas de los materiales y utilizar la Ley de ohm en materiales que se encuentran en el subsuelo terrestre. La actividad tiene como intensión, aproximar al estudiante a identificar la importancia de aplicar estos principios de electricidad al estudio del interior de la tierra, mediante el análisis de datos en superficie de magnitudes como: Diferencia de potencial, corriente eléctrica, resistencia y resistividad, las cuales son denominadas variables geoeléctricas del terreno.

La secuencia de la actividad 4 inicia con las predicciones individuales, predicciones grupales, socialización de predicciones por cada grupo, demostración del experimento a los estudiantes, resultados y discusión.

La descripción de la actividad es la siguiente:

Tabla 4 2 Sesión 3.

Actividad 4
Relación de las variables eléctricas de los materiales.
Tiempo estimado
60 minutos
Objetivo
Determinar la resistividad de un material utilizando la ley de ohm.
Materiales
Guía experimental 3 (Anexo C), 2 multímetros, bloques de madera, arena y metal, batería 12 V y cables de conexión.
Procedimiento
La práctica consiste en hacer circular corriente eléctrica por un material y medir con los multímetros la diferencia de potencial y la corriente eléctrica en determinados puntos, y así analizar que sucede con el valor de la resistividad calculado utilizando la ley de ohm.
Tiempo de predicciones
Hoja de predicciones individuales: 10 minutos. Hoja predicciones grupales: 10 minutos. Hoja de resultados: 10 minutos.

4.3.4 Sesión 4: Medidas geoeléctricas.

(TOTAL TIEMPO ESTIMADO: 120 MINUTOS)

En esta sesión se realiza una aproximación para comprender los métodos geoeléctricos. La actividad 5 permite determinar la resistencia de una estructura de arena la cual se mezcla con agua y aceite.

La actividad 6, permite analizar y comprender la importancia del concepto de resistividad en el estudio del interior de la tierra, mediante la aplicación de métodos geoeléctricos.

Tabla 4 3 Sesión 4.

Actividad 5	**Actividad 6**
Sondeo eléctrico en el aula.	Prospección geoeléctrica en el aula.
Tiempo estimado	
60 minutos	60 minutos
Objetivo	**Objetivo**
Entender el principio fundamental de los sondeos eléctricos verticales, para la investigación de la resistividad de sustancias existentes en el suelo.	Medir variables geoeléctricas, e identificar el tipo de material que se encuentra en el subsuelo.
Materiales	**Materiales**
Guía experimental 5 (Anexo B), óhmetro, arena o tierra, cables de cobre sin revestimiento, sal, aceite vegetal y recipientes cilíndricos.	Guía experimental 6 (Anexo B), 2 multímetros, maqueta con diferentes estratos (arena, tierra, arcilla, grava), sistema de electrodos, batería 12 V a 5 A, cables de conexión, tablas de resistividad de los materiales.

Procedimiento	Procedimiento
Se llena tres recipientes cilíndricos con cantidades iguales de arena seca o tierra. Se rotulan los recipientes con **A, B** y **C**. Se mezcla agua salada en otro reciente, usando unos 30 g de sal para 200 ml de agua, la cual se vierte en el recipiente **A** hasta que se sature la arena o tierra, si no es suficiente agua salada para que se sature la tierra o arena, se prepara más como anteriormente se había hecho. Debe agregarse la suficiente agua para embeber completamente la arena o tierra, pero sin que se forme un charco de agua en la superficie. Si se vierte demasiada agua, absorba el exceso con una esponja o toalla de papel. Satura el recipiente B con aceite, la arena o tierra del recipiente C debe permanecer seca. Se inserta dos cables en la arena de cada recipiente, deben quedar bien enterrados en la arena o tierra, pero con las puntas encima de la superficie, conecte los terminales del óhmetro a los dos cables que salen de la arena seca, se anotan el valor de su resistencia. Haz lo mismo con los otros dos recipientes y anota los resultados. Nota: esta práctica se basa del experimento resistividad eléctrica de la página web: http://www.planetseed.com/es/relatedarticle/experimento	La práctica consiste en colocar cuatro electrodos alineados a igual distancia entre sí (d). Se conecta una batería a los electrodos exteriores midiendo la intensidad que circula entre ellos, así como el voltaje entre los electrodos intermedios. Para ello se hacen diferentes medidas variando la distancia "d" entre los electrodos y manteniendo el centro de la alineación de los cuatro electrodos en un punto fijo. Esta práctica me permite realizar muchas actividades como localizar objetos enterrados, identificar la profundidad de un nivel freático, así como simulación de exploración de pozos petroleros.
Tiempo de	**predicciones**
Hoja de predicciones individuales: 10 minutos. Hoja predicciones grupales: 10 minutos. Hoja de resultados: 10 minutos.	Hoja de predicciones individuales: 10 minutos. Hoja predicciones grupales: 10 minutos. Hoja de resultados: 10 minutos.

5. Aplicación de la propuesta didáctica piloto y resultados

Para la aplicación de la propuesta didáctica se escogió un grupo de estudiantes de educación media vocacional, se utilizó el método de aprendizaje activo con una serie de clases teóricas demostrativas. Es de gran importancia tener en cuenta que el profesor cumple la función de un guía para sus estudiantes, para que así ellos por su cuenta construyan el conocimiento de forma activa.

5.1 Prueba de conocimientos Previos

Se inició con el instrumento de prueba diagnóstica (preguntas abiertas), el cual es un primer indicador de los conceptos fundamentales de electricidad. Después se aplicó la prueba el test (preguntas selección múltiple) como segundo indicador para identificar el conocimiento sobre el concepto de resistividad eléctrica y las magnitudes relacionas con ella.

Las conclusiones que se llegaron después de analizar las respuestas a la primera prueba diagnóstica (ver Anexo A) son las siguientes:

- La gran mayoría de los estudiantes identifican que la energía eléctrica es generada en las plantas hidroeléctricas y explican su funcionamiento de una forma general, otro número de estudiantes creen que la energía eléctrica es generada por los postes de luz.
- No tienen claro el principio fundamental para que exista flujo de carga eléctrica.
- Las ideas de los estudiantes sobre conceptos fundamentales de electricidad básica es muy escasa.
- Sobre el concepto de corriente eléctrica tienen definiciones como: es lo que hace que los electrodomésticos funcionen, es lo que pasa por los cables, es lo que determina la fuerza de los voltios, es la energía para hacer funcionar los aparatos

- Sobre fuerza electromotriz algunas definiciones son: es la energía para que funcione un motor, es la fuerza que genera un cuerpo, es una fuerza que se puede guardar o conservar, es la que se utiliza para que un cuerpo tenga motricidad.
- Sobre diferencia de potencial eléctrico: es el paso de la electricidad por un punto, es el voltaje con que es llevada la electricidad a un circuito eléctrico, es lo que puede soportar un aparato electrónico. La mayoría de la respuesta a esta pregunta es de: No sé.
- Sobre resistencia eléctrica las respuestas más comunes son: Es la cantidad máxima que puede soportar un circuito, cantidad de voltaje que puede soportar, es la cantidad de energía que resiste un dispositivo, dispositivo que se utiliza para disminuir el paso de corriente.
- Sobre los materiales conductores y aislantes, los logran identificar, más no saben por qué o a que se deben que conduzcan bien o mal la corriente eléctrica.
- Sobre la Ley de ohm identifican las magnitudes, mas no explican la relación entre ellas.

La mayoría de las definiciones que los estudiantes respondieron en la prueba, se deben a conceptos vistos en alguna etapa de su formación académica, o las definiciones de esos términos los han escuchado en algún instante de su vida cotidiana. Esta prueba ayudo a diseñar la propuesta didáctica de una forma sistemática para aclarar los conceptos que presentaban más deficiencia.

La segunda prueba diagnóstica el test (ver Anexo A), que es aplicado antes y al final de la prueba piloto, permite identificar la viabilidad de la propuesta para el cumplimiento del objetivo planteado en este trabajo.

El test consta de 10 preguntas de selección múltiple con única respuesta, relacionadas con la identificación y comprensión del concepto de resistividad. Los resultas que se obtuvieron al aplicar este instrumento se muestra en el Anexo A., las respuestas correctas están subrayadas con color amarillo. La figura 5.1 muestra los resultados en una gráfica de barras de la cantidad de estudiantes que contestaron bien cada pregunta.

Figura 5.1 Test inicial.

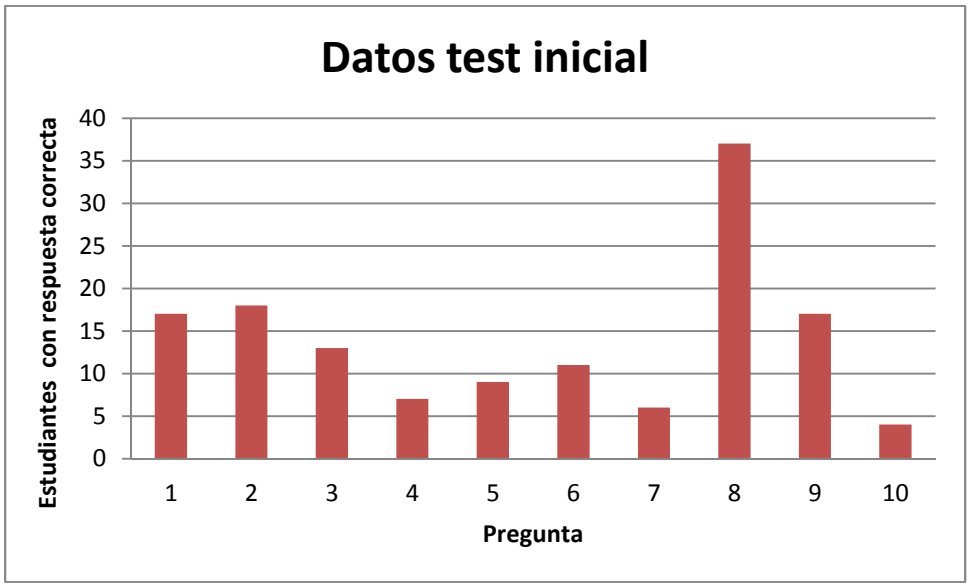


Figura 5.2 Alumnos realizando el examen de diagnóstico test inicial.

La segunda prueba diagnóstica se realizó en un tiempo de 15 minutos al inicio de una sesión de clase, a continuación se describe para cada pregunta la intención de la competencia a desarrollar por parte de cada estudiante, así como el porcentaje de las respuestas correctas.

Tabla 5.1 Porcentaje de preguntas correctas del test inicio.

PREGUNTA	Competencia	Respuestas correctas (%)
P1	Identificación concepto de resistividad	42.5
P2	Identificación concepto de resistividad	45
P3	Determinar la diferencia entre resistencia y resistividad	17.5
P4	Establecer la relación de las variables	17.5
P5	Identificar las unidades en el S.I de medidas	22.5
P6	Establecer relación de variables	27.5
P7	Establecer relación de variables	15
P8	Identificar materiales conductores y aislantes	92.5
P9	Identificar materiales conductores y aislantes	42.5
P10	Determinar la aplicación e importancia del método geoeléctrico	10

Como se muestra en la tabla 5.1, el porcentaje de respuestas contestadas de manera correcta en la prueba es muy bajo, la pregunta 8 que trata sobre identificar los materiales que mejor conducen la corriente eléctrica el 92.5% de los estudiantes la contestaron correctamente. El resto de las preguntas oscilan entre el 10 % y el 43 %, permitiendo evidenciar la falta de comprensión del concepto de resistividad eléctrica de los materiales. La tabla 5.2, muestra la calificación promedio de la prueba de test de inicio.

Tabla 5.2 Resultados test diagnóstico inicial.

Numero de exámenes	Calificación
1	1
7	2
15	3
9	4
6	5
1	6
1	7
Total 40	**Promedio calificación 3,475**
	Porcentaje calificación 34.75%

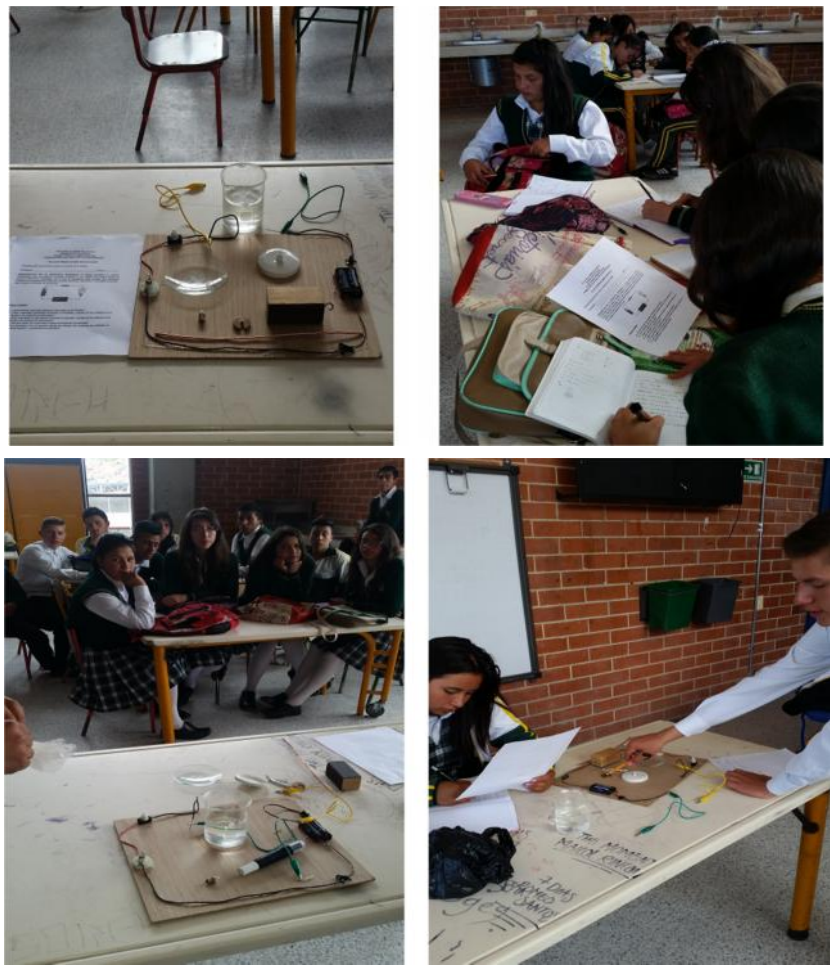
El promedio general de este grupo fue de 3,475, siendo la calificación más alta siete lograda por un alumno.

5.2 Aplicación de la sesión 2

5.2.1 Actividad 1

En esta actividad de busca que el estudiante identifique las características de los materiales conductores y aislantes.

Figura 5.3 Aplicación de la actividad 1.



Los conceptos que se buscaron fortalecer en esta actividad fueron: conducción eléctrica y resistencia eléctrica, circuito eléctrico, voltaje y corriente. Algunas respuestas generales a las predicciones individuales y grupales se describen a continuación:

- El interruptor es el que deja que la corriente no sea continua.
- El interruptor controla el paso de corriente.
- Los materiales que hacen que el bombillo se encienda son: aluminio cobre y clip.

- Otro grupo: los materiales que hacen que el bombillo se encienda son: aluminio y porcelana.
- Los materiales que no permiten encender el bombillo son: Madera, vidrio y porcelana.
- Otro grupo: Los materiales que no permiten encender el bombillo son: vidrio porcelana, madera, agua.

Aunque la mayoría de los estudiantes y los grupos conformados coincidieron en varias respuestas a las predicciones, la duda que presentaban, era si el agua permitía o no la conducción de corriente.

Después de realizar la demostración del experimento, las conclusiones más sobresalientes de los grupos fueron:

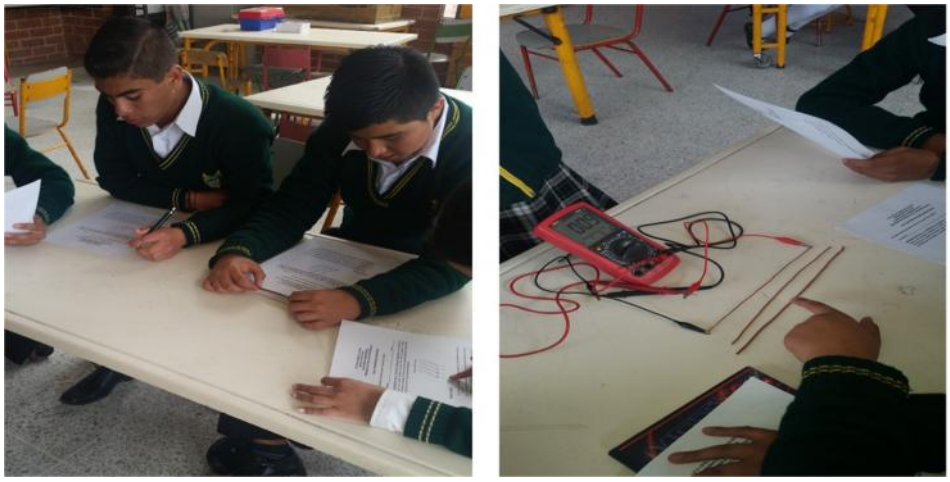
- El interruptor permiten el paso o no de flujo de corriente por el circuito.
- Los metales como el cobre, aluminio y el hierro son buenos conductores.
- Materiales como el vidrio, madera y porcelana son malos conductores de electricidad.
- El agua no es una buena conductora pero si se le agrega alguna sustancia como la sal mejora su conducción.

Con esta práctica se logró que los estudiantes lograran identificar los materiales conductores y aislantes. Por parte del docente se profundizaron los temas después de terminar la experiencia con base a los conocimientos desarrollados en la práctica por los alumnos.

5.2.2 Actividad 2 y 3

En esta actividad se buscó que el estudiante relacione la geometría de un material con magnitudes como resistencia eléctrica y resistividad eléctrica en un material.

Figura 5.4 Aplicación de la actividad 2-3.



En esta práctica se relacionan las magnitudes de longitud y diámetro de un conductor con su resistencia eléctrica. Algunas respuestas generales a las predicciones individuales y grupales se describen a continuación:

- Los cables de igual longitud presenta la misma resistencia porque son del mismo material.
- Los alambres de cobre, aluminio y hierro de 1 m de longitud tienen la misma resistencia por que miden igual.
- La resistencia de un material, no depende de la longitud.
- En los cables más gruesos la resistencia aumenta.
- En los cables más delgados la resistencia es menor.
- La resistencia solo depende del material.

Los resultados de esta práctica demuestran que los estudiantes no identifican la relación de proporcionalidad entre la geometría de los materiales conductores y la resistencia, además no tienen idea de la expresión matemática que las relaciona, esto se puede evidenciar en la aplicación del el test de inicio aplicado.

Después de realizar la demostración del experimento, las conclusiones a las que llegaron los estudiantes fueron:

- Cables de la misma longitud, pero diferente material, presentan diferente resistencia al paso de corriente.
- Los cables del mismo material, pero diferente diámetro, presenta diferente resistencia eléctrica.
- A medida que aumenta la longitud de un material, la resistencia eléctrica aumenta.
- Al aumentar el diámetro de un conductor, la resistencia eléctrica disminuye.

Con la confrontación de los resultados, el docente y los estudiantes construyen la ecuación matemática que permite relacionar la resistencia, longitud y el área de un conductor, además de identificar la constante de resistividad eléctrica de los materiales.

5.3 Aplicación sesión 3

5.3.1 Actividad 4

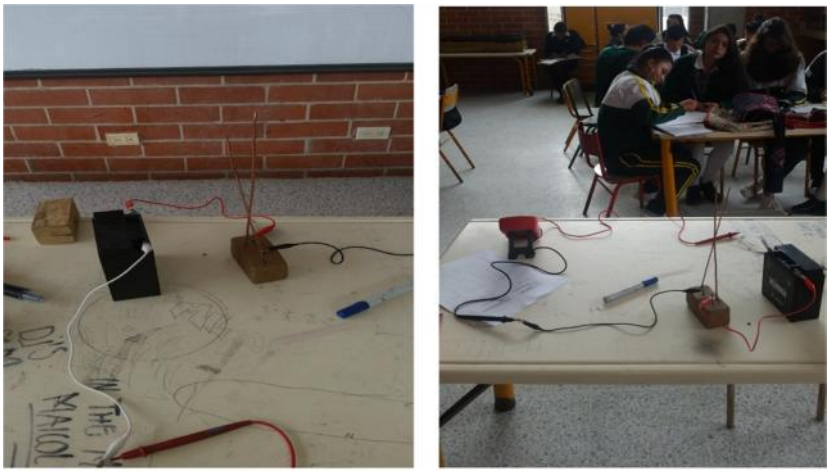
Esta actividad se planteó, con el propósito de que el estudiante relacione las variables eléctricas de los materiales. En la presente, se utiliza una estructura (paralelepípedo) de arcilla a la cual se le inyecta corriente y se mide la diferencia de potencial entre dos puntos, para luego determinar la resistencia eléctrica de la estructura y con esa información obtener el valor de la resistividad del material.

Algunas respuestas generales a las predicciones individuales y grupales se describen a continuación:

- A aplicar mayor voltaje, hay más corriente.
- La corriente que se mide, depende de la batería.
- La resistencia y resistividad, se relacionan con la forma del material.
- A medida que se separan los puntos de medición, hay menos corriente.
- Al variar los puntos de separación, el voltaje cambia.

Con estas respuestas se puede evidenciar que los estudiantes presentan dificultad al relacionar las magnitudes de corriente y voltaje en un circuito, sin embargo se comienza a identificar que están diferenciando la relación de resistencia y resistividad eléctrica.

Figura 5.5 Aplicación de la actividad 4.



Después de realizar la demostración experimental y la confrontación de los resultados las conclusiones son las siguientes:

- A medida que se aumenta el voltaje la corriente aumenta.
- Al variar la corriente el voltaje también cambia.
- La resistencia varia al medir en diferentes puntos del material, ya que cambia la forma del material, la resistividad eléctrica fue casi la misma en los diferentes puntos de medida.
- Los valores de resistencia cambian al variar los puntos de medida.
- La resistividad eléctrica no varía.

Con esta práctica se logró que los estudiantes relacionen las variables de voltaje, corriente y resistencia, mediante la ley de ohm, y afianzaran su concepción sobre la diferencia entre resistencia y resistividad eléctrica.

5.4 Aplicación sesión 4

5.4.1 Actividad 5

En esta práctica se tratan los principios fundamentales del método geoeléctrico que se escogió (método de resistividades), mediante una representación a pequeña escala de un sondeo eléctrico vertical.

Figura 5.6 Aplicación de la actividad 5.

Esta experiencia permitió que el estudiante entendiera cómo funciona el sondeo eléctrico y poder relacionar la resistividad del suelo seco y del suelo humedecido. Las repuestas más comunes a las predicciones planteadas para esta práctica fueron las siguientes:

- El recipiente que contiene la mezcla de agua con sal, es la que mejor conductora.
- Al agregarle agua salada mejora la conducción de la mezcla.
- El aceite empeora la conducción de la mezcla.
- Los alambres enterrados en los recipientes permiten trasportar la corriente.
- Si se disminuye la longitud cambia su resistencia.

Con esta información se logra establecer que los estudiantes relacionan de manera coherente las propiedades conductoras de los materiales, así como relacionan la longitud y resistencia eléctrica de un material.

Después de realizar la demostración experimental y socializar resultados las conclusiones fueron las siguientes:

- La mezcla que conduce mejor la corriente eléctrica es la mezcla de arena y agua salada, ya que el valor de resistencia es el menor.
- Al agregarle agua salada a la arena mejoro su conducción ya que el valor medido con el óhmetro bajo.
- Los cables enterrados en la arena permiten que exista una continuidad y es por donde puede fluir la corriente.

- Al disminuir la distancia de separación de los cables enterrados varía el valor de la resistencia.

Después el docente con base a los conceptos adquiridos por los estudiantes en esta práctica profundiza el tema y realiza demostraciones teóricas para corroborar resultados.

5.4.2 Actividad 6

Esta actividad constituye la etapa final de las clases teóricas demostrativas, en ella se aplican y se recopilan todos los conceptos tratados en las actividades anteriores. El objetivo de esta práctica es utilizar un método geoeléctrico para estudiar estructuras en el subsuelo.

Para la aplicación de la clase teórica demostrativa de esta actividad, se construyó una maqueta (acuario de dimensiones: largo 1 m, ancho 30 cm y alto 40 cm) que simula una porción de terreno y está constituida por 3 capas. La primera capa es la superficial conformada por un suelo de tipo humus o comúnmente llamado tierra negra, la segunda está compuesta de un suelo tipo arenoso y la última capa es una estructura rocosa. Como referencia se aclara que la maqueta fue llenada con suelo hasta su tope Figura 5.7.

Figura 5.7 Construcción maqueta.

Para el desarrollo de la práctica se introdujo un material metálico de 10 cm de largo, 4 cm de ancho y 4 cm de alto, a una profundidad de 28 cm de la superficie. Las dimensiones y ubicación del objeto no fueron informadas a los estudiantes, razón por la cual no sabían que era lo que se encontraba enterrado en el terreno de estudio, con el propósito de que el

estudiante evidenciara la importancia de los métodos geoeléctricos a la hora de encontrar estructuras enterradas.

De acuerdo con lo establecido en los objetivos específicos de este trabajo, se decide utilizar el método geoeléctrico más adecuado, en este caso se escoge el método de resistividades, específicamente el sondeo eléctrico vertical, el cual permite distinguir o conocer formaciones geológicas que se encuentran a una profundidad determinada, método que es muy sencillo y fácil de comprender por los estudiantes. El equipo que se utilizó consta de 2 multímetros de alta resolución de referencias UT58B de marca UNI-T, batería 12 V a 5 A referencia MF-YB5LB de la marca MAGNA, electrodos de cobre, regla de triplex con agujeros cada 2,5 cm para introducir los electrodos y cables de conexión.

La principal intención de aplicar esta demostración es establecer la distribución vertical en profundidad de las resistividades aparentes bajo el punto sondeado, a partir de mediciones de la diferencia de potencial en la superficie. Para el estudio de estas mediciones se emplea la disposición electródica lineal, específicamente la configuración Schlumberger, ya que presenta ventajas al realizar esta práctica.

La configuración electródica empleada consta de cuatro electrodos A, B, M y N, de los cuales AB son electrodos de corriente, cuya separación aumenta en 5 cm para cada medición. En los electrodos MN se mide la diferencia de potencial y permanecen a una distancia fija.

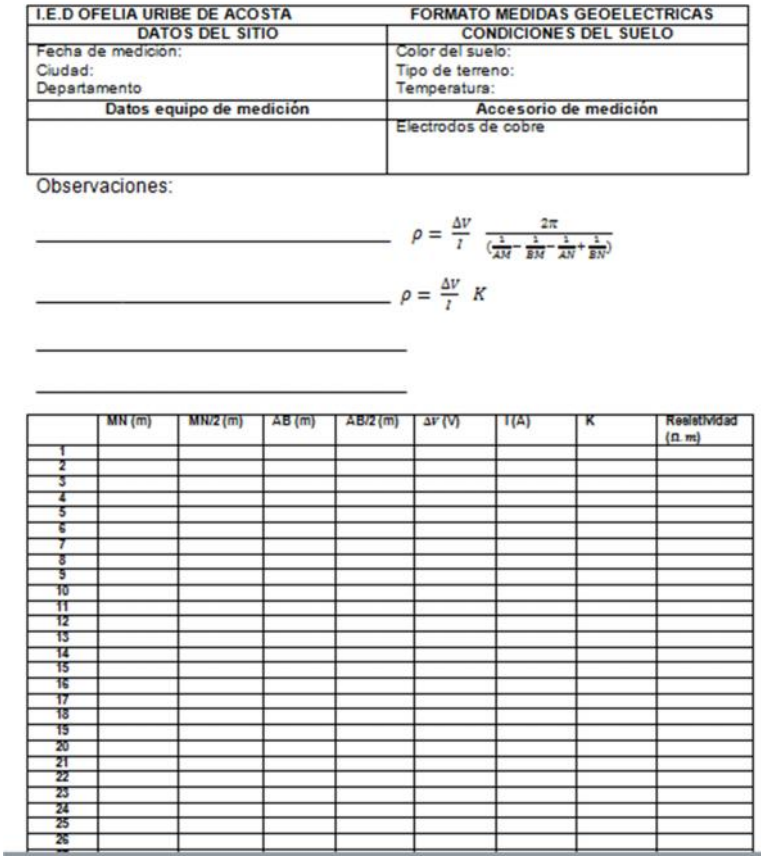
Figura 5.8 Demostración sondeo eléctrico vertical.

Algunas respuestas comunes contestadas por los estudiantes a las predicciones propuestas en esta actividad fueron las siguientes:

- Los electrodos cumplen la función de conducir la corriente.
- Los electrodos inyectan corriente.
- Cuando no se conectan a la batería, los electrodos no miden nada.
- No conducen los electrodos, cuando no están conectados.
- Al aplicar corriente al terreno existe diferencia de potencial.
- La corriente se desplaza por todo el terreno
- Si se separan los electrodos, la resistencia aumenta.
- Si se separan los electrodos, la corriente baja.
- Se relaciona la resistividad con la Ley de ohm
- La corriente fluye por el terreno y casi cerca de la superficie.

Después de socializar las predicciones individuales y grupales se realiza la demostración de la experiencia. Los datos tomados en la demostración de esta práctica, fueron consignados por los estudiantes en el formato de la Figura 5.9.

Figura 5.9 Formato SEV.



I.E.D OFELIA URIBE DE ACOSTA	FORMATO MEDIDAS GEOELECTRICAS
DATOS DEL SITIO	CONDICIONES DEL SUELO
Fecha de medición: Ciudad: Departamento	Color del suelo: Tipo de terreno: Temperatura:
Datos equipo de medición	Accesorio de medición
	Electrodos de cobre

Observaciones:

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} \frac{2\pi}{(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN})}$$

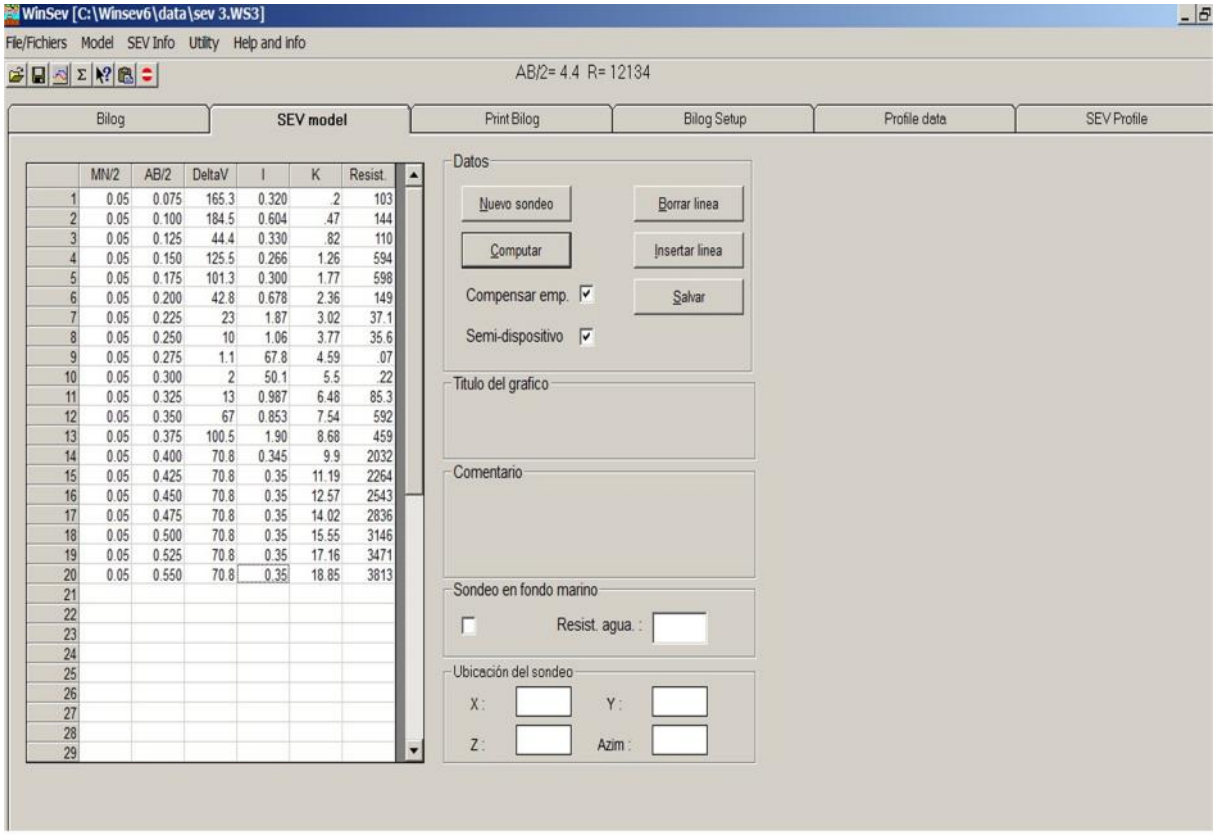
$$\rho = \frac{\Delta V}{I} K$$

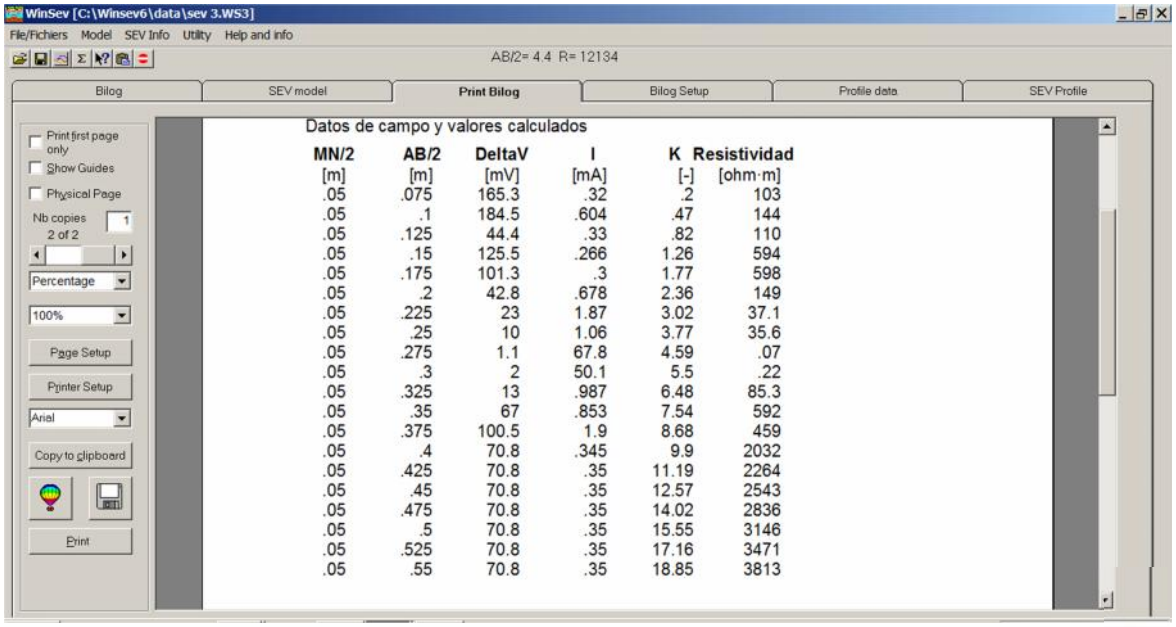
	MN (m)	MN/2 (m)	AB (m)	AB/2 (m)	ΔV (V)	I (A)	K	Resistividad (Ω. m)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
15								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								

En este formato se consignan los valores de las diferentes variables geoeléctricas y de la separación de los electrodos, para poder calcular el valor de la resistividad aparente de cada sondeo, utilizando la expresión matemática que se encuentra en el formato.

El docente utiliza el mismo formato para encontrar la resistividad aparente en cada punto, pero además de eso para corroborar resultados utiliza el software WinSev 6, versión demo de libre distribución, el cual permite dar los valores de resistividad aparente ingresando los datos medidos en la práctica. A continuación la figura 5.10, muestra los resultados suministrados por este software.

Figura 5.10 Datos en WinSev.





Los datos obtenidos evidencian unos valores de resistividad entre 100 a 150 $\Omega.m$ para los primeros centímetros del terreno. Si se tiene en cuenta la tabla 5 1, esos valores corresponden a suelos de tipo humus y limo, que según la práctica correspondería a lo que se agregó en la parte superficial del acuario.

Cada vez que se incrementa la penetración de corriente, la resistividad aumenta hasta aproximadamente los 600 $\Omega.m$ que corresponde al tipo de suelo arenoso agregado, pero después de cierta profundidad existe un cambio significativo de la resistividad, desciende bruscamente entre los 37 a 0.7 $\Omega.m$, por lo cual se puede establecer que en esa profundidad podría encontrarse un material tipo conductor ya que su resistividad es relativamente baja.

Al seguir aumentando la separación de electrodos de corriente la resistividad aumenta significativamente a valores de 100 a 500 $\Omega.m$ que correspondería también a material arenoso, después de esos datos cabe aclarar que debido a que no se podía separar más distancia los electrodos de corriente, la última medida que corresponde a una profundidad de 40 cm que es la altura máxima de la maqueta registra un valor muy alto de resistividad y este dato es duplicado para poder que el software calcule el valor de resistividad aparente del terreno ya que necesitaba un valor mínimo de datos.

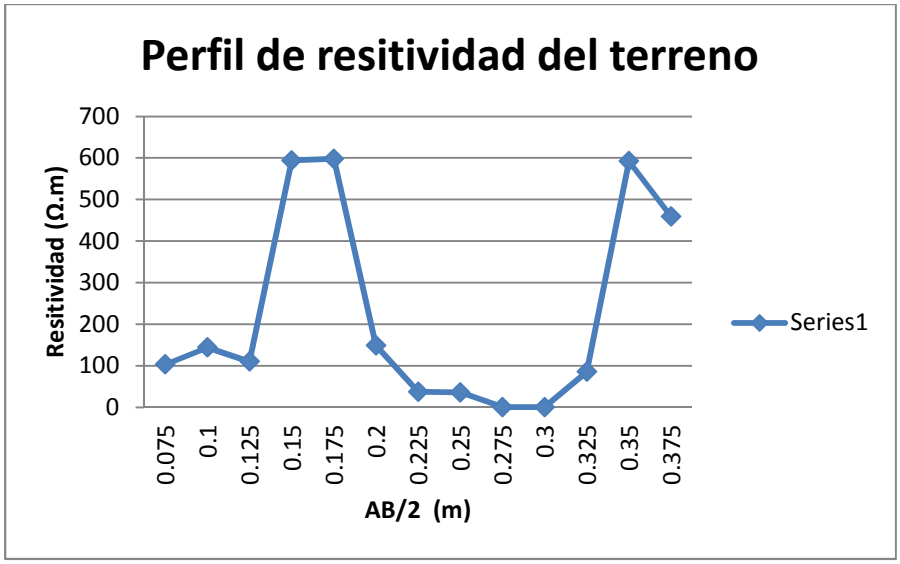
Tabla 5.3 Resistividad de diversos suelos.

Naturaleza del material	Resistividad Ω.m
Terrenos pantanosos	De algunas unidades a 30
Limos	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Arena arcillosa	30 a 40
Arena Silícea	50 a 500
Suelo con boleo cubierto de césped	200 a 3000
Suelo con boleos	300 a 500
Calizas blandas	1500 a 3000
Calizas compactas	100 a 300
Calizas agrietadas	1000 a 5000
Pizarras	500 a 1000
Rocas de mica y cuarzo	800

Nota Fuente: Astier, J. (1982), Geofísica aplicada a la hidrogeología (p.59).

La profundidad de penetración de la corriente eléctrica depende de la separación de los electrodos de corriente AB, si la distancia entre estos electrodos aumenta la corriente circula a mayor profundidad. Se realiza la gráfica de la variación de la profundidad con la resistividad aparente Figura 5.11.

Figura 5.11 Resistividad vs profundidad.



La Figura 5.11 nos permite establecer una profundidad aproximada donde se encuentra una estructura determinada, teniendo en cuenta la variación de la resistividad.

El valor de resistividad encontrada a la profundidad donde se encontraba el objeto es muy baja, mas no corresponde a la resistividad del material (Plata) que es de 1,48 $x\,10^{-8}\ \Omega.m$ esto puede obedecer a que los valores calculados en estos estudios, corresponden a una resistividad aparente, por lo cual es necesario complementar este estudio con algún otro método geofísico como complemento.

5.4.3 Aplicación Test final

En esta sesión se aplica el test final, para lograr evidenciar si se logró desarrollar un buen proceso de aprendizaje en los estudiantes. Las respuestas correctas están subrayadas con color amarillo y se muestra en el Anexo A, los resultados de las preguntas contestadas de manera correcta se muestra en la Figura 5.12.

Figura 5.12 Test final.

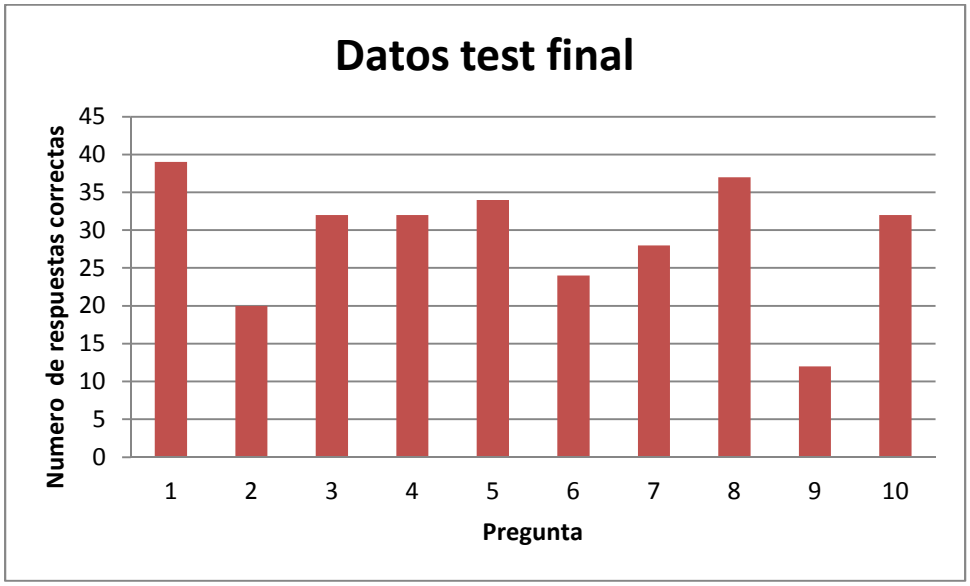


Tabla 5.4 Porcentaje de preguntas correctas del test final.

PREGUNTA	Competencia	Respuestas correctas (%)
P1	Identificación concepto de resistividad	97.5
P2	Identificación concepto de resistividad	47.5
P3	Determinar la diferencia entre resistencia y resistividad	80
P4	Establecer la relación de las variables	80
P5	Identificar las unidades en el S.I de medidas	85
P6	Establecer relación de variables	60
P7	Establecer relación de variables	70
P8	Identificar materiales conductores y aislantes	92.5
P9	Identificar materiales conductores y aislantes	30
P10	Determinar la aplicación e importancia del método geoeléctrico	77.5

La tabla 5.5 muestra el porcentaje de respuestas contestadas de manera correcta, se nota un incremento significativo con respecto al test inicial, la pregunta 1 que trata sobre el concepto de resistividad obtuvo el mayor porcentaje con el 97.5 %, la otras preguntas oscilan entre el 30 % y el 95 %, la tabla 5.6 muestra la calificación promedio de la prueba del test final.

Tabla 5.5 Resultados test diagnóstico final.

Numero de exámenes	Calificación
5	5
6	6
10	7
13	8
6	9
Total 40	**Promedio calificación 7,225**
	Porcentaje calificación 72.25%

El promedio de la calificación de este grupo es de 7,225, siendo la calificación más alta nueve, lograda por seis alumnos.

Figura 5.13 Estudiantes presentando el test final.

Para lograr establecer el avance conceptual por los estudiantes se utiliza la herramienta estadística denominada, “Ganancia normalizada o factor de Hake”, que mide cuanto ha aprendido los estudiantes dentro del contexto de una metodología didáctica particular. “Una ganancia de Hake, baja se encuentra considerada entre 0.0 y 0.3, una ganancia de Hake media se encuentra entre 0.3 y 0.7, y una ganancia de aprendizaje alta está comprendida entre 0.7 y 1.0” (Hake 1998).

La expresión matemática para encontrar la ganancia de Hake es la siguiente:

$$\boldsymbol{h} = \frac{\%\boldsymbol{Postest} - \%\boldsymbol{pretest}}{\boldsymbol{100} - \%\boldsymbol{prestest}} \qquad (5.1)$$

Para esta propuesta el pretest son los resultados del test inicial y el postest son los resultados del final. Se utilizan los valores promedio del grupo de estudiantes evaluados, la ganancia de Hake dio como resultado h = 0,602, que permite establecer una ganancia de Hake media. Por lo cual se establece que el avance conceptual de los estudiantes fue significativo y lograron comprender el concepto en mediana escala, con tendencia a la alta escala, aunque como es la prueba piloto, se deben realizar los correspondientes ajuste a la propuesta para obtener mejores resultados.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

La propuesta permitió identificar los conceptos fundamentales relacionados con las variables eléctricas de los materiales, mediante el diseño, implementación y aplicación de pruebas diagnósticas las cuales permitieron establecer el nivel de conocimientos previos de los estudiantes en temas referentes a electricidad básica y resistividad.

Con las pruebas diagnósticas se lograron evidenciar dificultades en la comprensión de los temas básicos de electricidad, los cuales fueron punto de referencia para el diseño de las guías experimentales elaboradas para cada sesión.

Se establecieron las características esenciales que debe tener una estrategia didáctica para la enseñanza aprendizaje de la resistividad eléctrica de los materiales utilizando una serie de guías experimentales, las cuales siguen una secuencia temática para que los estudiantes aprendan de una forma activa.

Las actividades propuestas en cada sesión permitieron llegar a la comprensión del concepto de resistividad de una forma secuencial, ya que cada una de ellas relacionaba temas tratados en la guía anterior y finalizando con la actividad final que permitió aplicar los conceptos anteriormente vistos.

Se determinó el método geoeléctrico apropiado para aplicarlo en la estrategia didáctica, y así lograr evidencia la importancia de estos métodos en el estudio de estructuras inmersas en el

subsuelo y su aplicación en estudios para localizar aguas subterráneas y diversos materiales de tipo mineral.

Las actividades propuestas permitieron despertar un gran interés por parte de los estudiantes en el tema, además se identificó un alto grado de participación así como se generó espacios donde se involucró el trabajo individual y grupal.

Los materiales de la mayoría de las actividades propuestas en cada sesión son de bajo costo y pueden ser encontrados muy fácilmente en el hogar de los estudiantes.

La aplicación del test inicial como final permitió establecer los avances conceptuales por parte de los estudiantes, los cuales da como resultado una ganancia media que se podría decir que es un avance significativo, además al realizar la prueba piloto se logró identificar ciertos grados de apatía por algunos estudiantes a la hora de participar en las actividades propuestas, por lo cual afectan al resultado de la ganancia normalizada o factor de Hake.

6.2 Recomendaciones

La propuesta diseñada permitió evidenciar la importancia del Método de Aprendizaje Activo, puesto que la gran mayoría de los estudiantes lograron adquirir una mejor comprensión del concepto tratado, por tal motivo es de gran ayuda en la práctica docente, seguir aplicando este método en física y extenderlo a las demás asignaturas.

La maqueta fue construida para realizar prácticas de geoelectricidad, pero también es el estudio de otras magnitudes físicas como densidad, presión atmosférica, resistencia del suelo y en otras asignaturas como biología, química, geografía.

Continuar aplicando las prácticas y en cada caso verificar los factores de aprendizaje para hacer seguimiento en el tiempo e incluir mejoras.

Referencias

Álvarez, H. (s.f). Potencial eléctrico debido a cargas puntuales. Recuperado de: https://haroldalvarez.files.wordpress.com/2008/09/image0011.gif.

Ángel, H. y Clavijo, N. (2006). Ideas previas del estudiante sobre corriente eléctrica. Revista Colombiana de Física, VOL. 38, No. 2.

Antecedentes históricos de la electricidad. (s.f.). Electricidad. Recuperado de: http://electricityeverywhere.weebly.com/antecedentes.html.

Astier, J. (1982).*Geofísica aplicada a la hidrogeología*. Madrid, España: Editorial Paraninfo.

Brainly.lat. (s.f.). Descripción de las teorías atómicas y modelos moleculares. Recuperado de: http://brainly.lat/tarea/275906.

Castellano, et al. (2002). *Aprender y ensañar en la escuela*, La Habana, Cuba: Editorial pueblo y educación.

Cepes. (2000). *Tendencia pedagógicas en la realidad educativa actual,* Tarija, Bolivia: Editorial universitaria. Recuperado de: https://www.mutuamotera.org/gn/web/documentos/contenidos/libro_de_tendencias_docentes.pdf.

Conexión casual (s.f). Electrones en átomos. Recuperado de: https://conexioncausal.wordpress.com/2014/02/24/un-espectro-vale-mas-que-mil-imagenes/

Dueñas, I. G. O., y Cano, J. M. M. (2013). Elementos de Autorregulación para Alcanzar Metas de Aprendizaje en Alumnos que Cursan el Nivel Medio Superior. *Revista en Ciencias Sociales y Humanidades Apoyadas por Tecnologías*, *2*(1).

Herrera, D. D. (1999). La didáctica universitaria: Referencia imprescindible para una enseñanza de calidad. Revista Electrónica Interuniversitaria de formación del profesorado, 2(1), 7.

Electricidadfisicamatematica. (2015). Intensidad del campo eléctrico producido por cargas. Recuperado de: https://electricidadfisicamatematica.wikispaces.com.

Electrónica unicrom. (2002-2012). ¿Qué es la corriente eléctrica?. Recuperado de: http://unicrom.com/Tut_corriente_electrica.asp.

Electrónica unicrom. (2002-2012). Resistividad, resistencia especifica. Recuperado de: http://unicrom.com/Tut_resistividad.asp.

Espaciociencia.com. (2015). Ley de Faraday. Recuperado de: http://espaciociencia.com/ley-de-faraday-induccion-electromagnetica/).

Física eléctrica CVML 20142. (2014). Líneas equipotenciales. Recuperado de: http://fisicaelectrica20142.blogspot.com.co/2014_09_01_archive.html.

Fundación para la salud geoambiental. (s.f.).Electrostática. Recuperado de: http://tienda.saludgeoambiental.org/Informacio-d-interes/electroestatica.

García, C. (2014, Febrero, 12). Aprendizaje activo, Centro de desarrollo docente e innovación educativa. Recuperado de: http://micampus.csf.itesm.mx/rzmcm/index.php/tutorials/2012-09-12-14-40-48

Gobierno de Canarias. (s.f.). Ley de Ohm. Recuperado de: http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/usrn/lentiscal/2-CD-Fiisca-TIC/1-5Electricidad/leydohm.htm.

Gutiérrez, C. (2009). *Física General, México*, DF, México: Editorial McGraw Hill.

Halliday,D. y Resnick, R.(1978). *Fundamentos de Física*, México, DF, México: Continental.

Hewitt, P. (1998), *Física Conceptual*, México, DF, México: Editorial Addison.

Hake, R. (1998), *Interactiva-participación en comparación con los métodos tradicionales: Un niño de seis mil estudiantes compendio de los datos de prueba mecánica para los cursos introductorios de física*. Recuperado de: http://bama.ua.edu/~stjones/ph582/Hake.pdf

Kalhil, J. B. (2007). La enseñanza de la Física a través de habilidades investigativas: una experiencia. *Latin American Journal of Physics Education*, *1*(1), 39.

La energía interna de la tierra. (2016). Leyesnaturales. Recuperado de: https://cmnbonetcienciasnaturales.wikispaces.com/LA+ENERGIA+INTERNA+DE+LA+TIERRA

Martínez, D.F. (s.f). Historia de la electricidad. Recuperado de: http://www.tochtli.fisica.uson.mx/electro/historia.htm.

Matemáticas y física. (2009). Campo eléctrico. Recuperado de: http://alexalf.blogspot.com.co/2009/04/campo-electrico.html.

Orellana, E. (1982), *Prospección geoeléctrica en corriente continua*, Madrid, España: Editorial Paraninfo.

Pérez, R. A. C. (2014). Estrategias de aprendizaje y desempeño docente en el logro de la calidad educativa.

Ramírez, R. Villegas, M. (1989), *Investiguemos*, Bogotá DC, Colombia: Editorial Voluntad.

Sánchez, J. (s.f). Prospección geofísica: sondeos eléctricos verticales. Recuperado de: http://hidrologia.usal.es/temas/SEV.pdf.

Schlumberger. (2015). Nuestra historia. Recuperado de: http://www.slb.com/about/history.aspx.

Tarbuck, E. y Lutgens, F. (2005).*Ciencias de la tierra,* Madrid, España: Editorial Pearson.

Tippens, P. (2007). Fisica I. Recuperado de: http://es.slideshare.net/moises_galarza/potencial-electrico-13960670.

Valverde, J. (2014). Estructura interna de la tierra. Recuperado de: http://images.slideplayer.es/7/1777395/slides/slide_8.jpg.

Vida de otto Von Guericke. (2013). Otto sus logros e inventos. Recuperado de: http://integradorademagdeburgo.blogspot.com.co.

Anexo A: Pruebas diagnosticas

DIAGNOSTICO DE CONOCIMIENTOS PREVIOS
I.E.D OFELIA URIBE DE ACOSTA
BOGOTA
TALLER DE ELECTRICIDAD

Actividad I.

Conteste las siguientes preguntas, justificando sus respuestas.

Explica y grafica como y de donde proviene la energía para que los dispositivos eléctricos que se encuentran en tu hogar funcionen.

¿Cuál es la condición necesaria para que exista flujo de carga eléctrica?

Explica que entiendes por los siguientes conceptos:

Corriente eléctrica:

Fuerza electromotriz:

Potencial eléctrico (Voltaje):

Diferencia de potencial eléctrico:

Resistencia eléctrica:

Resistividad eléctrica:

Materiales conductores:

Materiales Semiconductores:

Materiales aislantes:

Corriente continua:

Corriente alterna:

Responde los siguientes interrogantes:

¿La carga fluye por un circuito o es suministrada a un circuito?

¿En qué caso es mayor la resistencia eléctrica: en un cable corto y grueso o en un cable largo y delgado? Explica tu respuesta.

¿Qué es la ley de ohm?

¿Explica la razón de por qué un pájaro puede posarse sobre un cable de alto voltaje sin sufrir daño alguno?

COLEGIO OFELIA URIBE DE ACOSTA I.E.D.
TEST DIAGNOSTICO – FÍSICA
PROFESOR: JAVIER ANDRÉS MONCAYO
RESTITIVIDAD ELÉCTRICA

Marque en la hoja de respuestas la opción que usted crea es la correcta.

1. La resistividad se puede definir como:

A. Conjunto de cargas en movimiento.
B. Región del espacio que rodea una carga eléctrica.
C. Es la energía potencial eléctrica por unidad de carga.
D. Constante que mide la capacidad de un material de resistirse al paso de corriente eléctrica.

2. De las siguientes afirmaciones sobre el concepto de resistividad, cual es falsa.

A. Es una propiedad intrínseca del material.
B. Depende de la geometría del material.
C. Su valor describe el comportamiento del material frente al paso de corriente eléctrica.
D. Depende de la temperatura a que se encuentre el material.

3. De los conceptos de resistencia eléctrica y resistividad eléctrica se puede afirmar que:

A. Los dos conceptos significan lo mismo.
B. La resistencia es una propiedad intrínseca del material, la resistividad depende de la forma del material.
C. La resistencia depende de la longitud y sección trasversal del conductor, la resistividad es una característica específica del material.
D. La resistencias depende de la longitud del conductor y la resistividad depende de la sección trasversal del conductor.

4. La expresión matemática que me permite relacionar la resistencia eléctrica con la resistividad eléctrica es:

$$R: Resitencia, \rho: Resitividad, A: Seccion\ transversal, L: Longitud$$

A. $R = \frac{\rho}{L}$
B. $R = \rho \frac{A}{L}$
C. $R = \frac{A}{\rho L}$
D. $R = \rho \frac{L}{A}$

5. Las unidades para la resistencia eléctrica y resistividad en el sistema internacional S.I son respectivamente:

A. $\Omega . m^2 \ y \ \frac{\Omega}{m}$
B. Ω y $\Omega . m$
C. $kg . m$ y $\Omega . kg$
D. m^2 y m

6. Al aumentar la longitud de un conductor 3 veces que sucederá con su resistencia eléctrica:

A. Se duplica.
B. Se reduce 3 veces.
C. Se triplica.
D. Permanece igual.

7. Si se duplica la sección trasversal de un conductor, que pasa con su resistividad:

A. Aumenta en 2.
B. Su resistividad sigue siendo la misma.
C. Se reduce en 2.
D. Su valor aumenta 2 unidades.

8. Los materiales que mejor conducen la electricidad son:

A. Materiales Cerámicos.
B. Materiales Metálicos.
C. Materiales Plásticos.
D. Materiales Orgánicos.

9. Cuáles de los siguientes materiales presenta mayor resistividad eléctrica.

A. Cobre.
B. Oro.
C. Agua.
D. Madera.

10. Un método geoeléctrico utiliza información de los valores de las resistividad para realizar estudios del interior de la tierra, con este método se puede:

A. Determinar el valor de la aceleración gravitacional en un punto.
B. Determinar el valor de la longitud de un terreno.
C. Buscar y estudiar yacimientos de sustancias útiles.
D. Detectar el epicentro en un movimiento sísmico.

Respuestas test inicial.

PREGUNTA / ESTUDIANTE	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Respuestas correctas
A1	A	D	A	A	D	D	C	B	A	D	2
A2	B	B	C	B	A	C	D	B	C	D	4
A3	D	C	B	A	A	B	B	B	A	A	2
A4	A	B	C	B	B	D	A	B	D	A	5
A5	A	C	D	D	C	C	B	B	A	D	3
A6	A	D	A	A	D	D	C	B	C	A	2
A7	A	B	C	D	C	B	A	B	A	C	5
A8	C	D	A	B	B	C	A	B	D	D	4
A9	D	C	A	B	A	D	B	B	D	C	4
A10	D	D	C	B	C	B	B	B	A	A	3
A11	C	B	A	B	D	A	C	B	B	A	3
A12	A	B	B	C	C	A	A	C	A	A	1
A13	B	B	A	C	B	A	D	B	C	D	3
A14	A	B	C	D	C	A	B	B	D	C	6
A15	A	C	B	B	A	C	A	B	A	A	2
A16	D	B	C	D	C	C	C	B	A	A	7
A17	B	C	C	D	B	A	C	B	B	D	5
A18	A	B	C	D	A	B	D	B	D	A	5
A19	D	B	B	B	C	B	B	B	D	C	3
A20	B	B	A	A	D	C	B	B	A	A	3
A21	D	D	A	B	B	C	A	B	C	D	4
A22	D	B	A	A	B	A	D	B	C	D	4
A23	D	D	D	A	C	B	B	B	D	B	3
A24	B	A	A	A	C	B	B	B	D	C	3
A25	D	C	A	C	A	A	A	B	D	A	3
A26	A	B	C	D	A	B	D	B	D	A	5
A27	D	A	D	C	D	B	B	B	D	A	3
A28	D	B	A	A	A	B	D	B	D	D	4
A29	A	B	D	C	B	D	B	B	B	A	3
A30	B	C	C	C	B	A	A	C	C	A	2
A31	D	D	A	B	B	C	A	B	A	D	4
A32	D	B	A	B	A	C	B	B	D	D	5
A33	A	B	C	C	A	B	D	B	A	A	3
A34	B	A	C	A	A	C	C	B	A	D	4
A35	D	C	A	A	C	B	A	B	D	B	3
A36	A	C	C	C	A	B	B	B	D	A	3
A37	D	A	D	B	C	B	A	B	D	A	3
A38	B	D	D	A	D	B	A	B	D	D	2
A39	D	B	A	C	C	A	A	B	D	A	4
A40	D	A	B	A	C	C	D	C	A	B	2

Respuestas test final.

PREGUNTA / ESTUDIANTE	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Respuestas correctas
A1	D	D	C	D	B	D	C	B	D	C	8
A2	D	A	C	D	B	D	C	B	A	C	7
A3	D	D	C	D	B	B	B	B	A	B	5
A4	D	B	C	D	B	A	C	B	A	C	8
A5	D	B	C	B	B	C	C	B	A	C	8
A6	D	B	C	D	A	D	B	B	A	B	5
A7	D	D	C	D	B	B	B	B	D	B	6
A8	D	B	C	B	B	C	C	B	A	C	8
A9	D	B	C	B	B	C	C	B	A	C	8
A10	D	D	C	D	B	C	B	B	D	C	8
A11	C	D	C	D	B	A	C	B	C	C	6
A12	D	B	C	D	B	A	C	B	A	B	7
A13	D	B	C	D	B	C	C	B	A	B	8
A14	D	D	C	D	B	C	C	B	D	C	9
A15	D	D	B	D	B	B	A	B	C	C	5
A16	D	B	C	D	B	D	C	B	B	C	8
A17	D	D	D	A	B	A	C	B	A	C	5
A18	D	B	B	D	B	D	C	B	C	C	8
A19	D	B	C	D	B	A	C	B	A	B	7
A20	D	D	C	D	B	C	C	B	D	C	9
A21	D	D	C	D	B	C	C	B	A	C	8
A22	D	B	C	B	B	C	C	B	B	C	8
A23	D	D	C	D	B	C	C	B	D	C	9
A24	D	B	C	D	B	C	C	B	A	C	9
A25	D	D	C	D	B	C	C	B	D	C	9
A26	D	D	C	D	B	C	C	B	D	C	9
A27	D	D	C	D	B	C	C	B	A	C	8
A28	D	D	D	D	C	C	C	B	A	C	6
A29	D	B	C	D	B	B	D	B	A	C	7
A30	D	D	C	D	B	C	B	B	D	B	7
A31	D	B	C	D	C	B	C	B	D	C	8
A32	D	B	C	D	D	C	B	B	A	C	7
A33	D	D	D	D	B	D	C	B	D	C	7
A34	D	D	B	B	A	C	C	B	D	C	6
A35	D	B	C	C	B	A	A	B	A	C	5
A36	D	C	C	D	B	C	B	B	C	C	7
A37	D	B	C	D	B	C	A	C	D	B	6
A38	D	B	C	A	C	C	C	B	A	C	7
A39	D	B	A	D	B	C	B	C	A	C	6
A40	D	B	B	D	B	C	C	A	D	C	7

Anexo B: Guías de las clases teóricas demostrativas.