

MÉTODOS GEOFÍSICOS



FACULTAD INTERDISCIPLINARIA DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

RESPONSABLE: M.C. JAVIER VALENCIA SAUCEDA
JAVIER.VALENCIA@UNISON.MX

COLABORADOR: GEÓL. LUCIA GUADALUPE VALENZUELA GASTELUM
LUCIA.VALENZUELA@UNISON.MX

MÉTODOS GEOFÍSICOS



VISIÓN DE
RAYOS X

INTRODUCCIÓN

¿Qué es la geofísica?

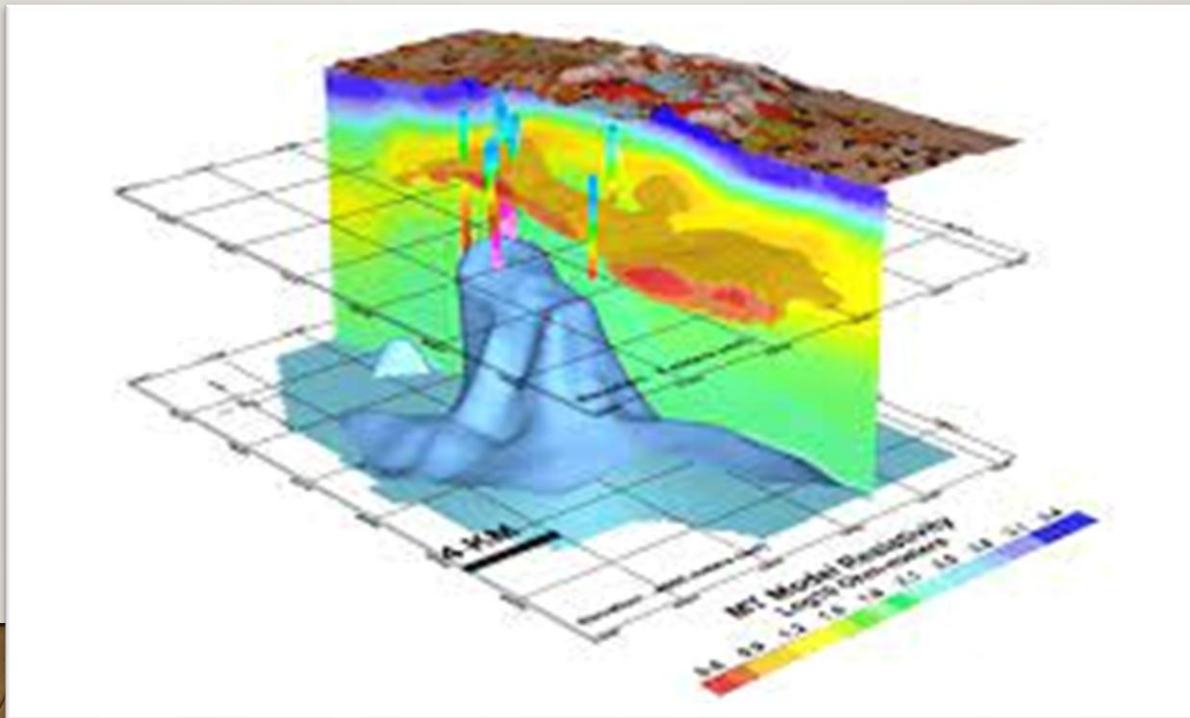


La ciencia que estudia las propiedades físicas de la Tierra, siendo un conjunto de Técnicas Físico–Matemáticas, aplicadas a la exploración del subsuelo, para la búsqueda y estudio de sustancias útiles por medio de observaciones efectuadas sobre la superficie del terreno.

Como lo son: los hidrocarburos, aguas subterráneas, minerales, etc.

INTRODUCCIÓN

Por lo tanto, los cuerpos o estructuras buscadas pueden detectarse si discrepan de los que los rodean en alguna propiedad física, esto es un contraste de propiedades físicas entre el objetivo y el medio encajonante.



INTRODUCCIÓN

Métodos de prospección geofísica

Los métodos de prospección geofísica están basados en un conjunto de técnicas no destructivas que permiten estudiar el subsuelo hasta ciertas profundidades.

Así, estos métodos estudian las variaciones y distribución en profundidad de las propiedades físicas de los materiales que componen la Tierra.

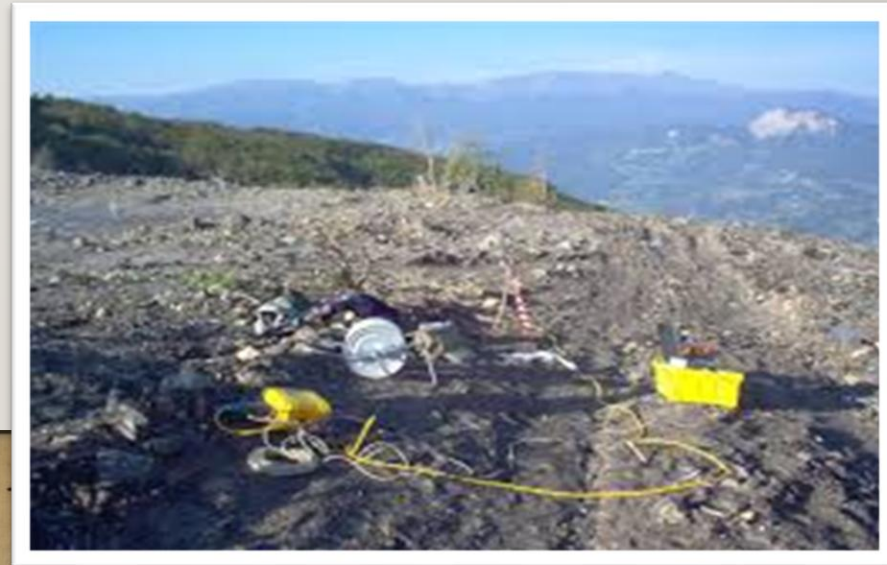
Estos métodos se pueden aplicar en:

- Geotecnia.
- Investigación Minera.



La prospección geofísica ha ganado un importante lugar para **resolver diversos problemas** asociados a definir:

- Condiciones físicas y mecánicas de las estructuras geológicas del subsuelo
- Monitorear plumas de contaminación
- Evaluar propiedades mecánicas de los materiales geológicos
- Ubicar cavidades o contactos verticales que puedan poner en peligro una obra civil
- Asegurar las inversiones económicas
- Reconocer zonas de rellenos
- Entre otros



En el área de la ingeniería civil y prospección, las técnicas de mayor uso son:

- **Prospección eléctrica y electromagnética**
 - **Prospección gravimétrica**
 - **Los registros geofísicos de pozos**
 - **Prospección sísmica**
- **La técnica del radar de penetración terrestre**



Los métodos geofísicos basan su aplicación en un fuerte contraste de las **propiedades físicas de los materiales geológicos**, entre las que se encuentran:

- **Conductividad eléctrica**
- **Diferencias de densidad**
- **Susceptibilidad magnética**
- **Propagación de ondas sísmicas**
- **Conductividad térmica**
- **Decaimiento de campos electromagnéticos**
- **Entre otras**

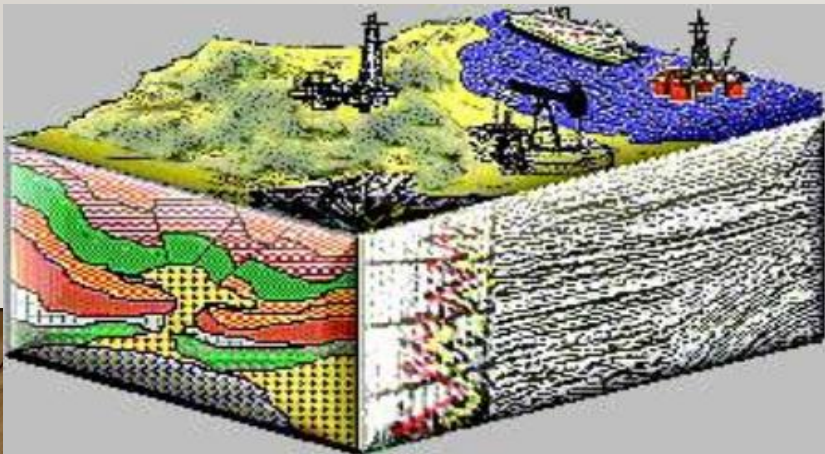
Y dependiendo de las **condiciones físicas y morfológicas** del sitio de estudio, se **podrán aplicar diversas técnicas geofísicas para resolver un problema.**



La geofísica aplicada nació de la necesidad de resolver problemas asociados a la detección de **yacimientos de hidrocarburos y minerales del subsuelo.**

Conforme se fue desarrollando la electrónica y creciendo los conocimientos en las diferentes técnicas de prospección se empleó:

- **Agua subterránea**
- **Estudio del interior de la tierra**
- **Finalmente a ayudar en el reconocimiento y solución de problemas relacionados con la construcción de presas, carreteras, túneles, etc.**



Al final del curso los geólogos relacionados de manera permanente o eventualmente con estos estudios, podrán contar con una visión objetiva para:

- **Obtener de la información geofísica**
- **Datos útiles en las áreas de flujo de agua y transporte de contaminantes**
- **Parámetros mecánicos de resistencia y deformación**
- **Dinámica de suelos y rocas**
- **Información para realizar simulaciones numéricas**



La exploración geofísica comprende una amplia gama de disciplinas entre las que se pueden mencionar:

- **Geología**
- **Física**
- **Química elemental**
- **Electrónica**

La geología se encarga del estudio de la historia y desarrollo de la Tierra mediante la observación y estudio de las rocas. Por su parte, la física es la ciencia que escudriña y define las propiedades de la materia y la energía.



Estas disciplinas se encuentran intrínsecamente relacionadas en la “Geofísica”, pudiéndose dividir en dos grandes ramas:

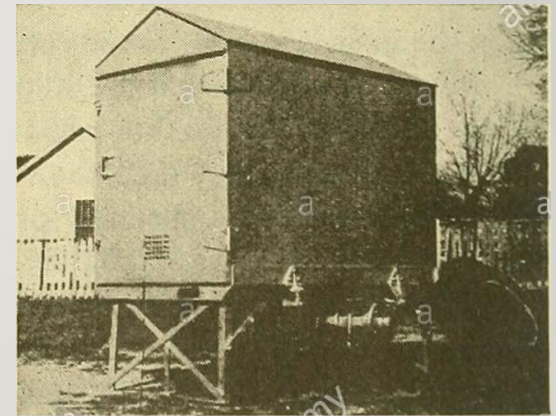
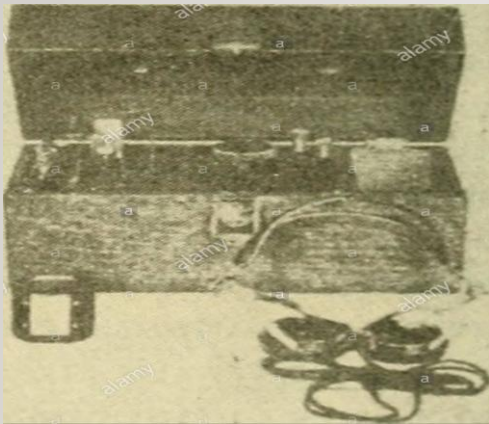
- **GEOFÍSICA PURA**, dedicada exclusivamente al estudio de la física de la Tierra sólida.
- **GEOFÍSICA APLICADA o EXPLORACIÓN GEOFÍSICA**, Se puede considerar como el arte de aplicar las ciencias físicas al estudio de la estructura y composición de las diversas capas de la Tierra.

Esta se dedica a los depósitos económicamente explotables y a las condiciones físicas del subsuelo en proyectos de cimentaciones de obras importantes.



Historia de la geofísica de exploración y tendencias actuales

El desarrollo de la prospección geofísica data desde 2700 aC de manera indirecta hasta las contribuciones recientes de los países desarrollados.



Métodos Magnéticos

La literatura antigua China (2637 aC), indica que conocían una roca “lodestone”, la cual se **orientaba aproximadamente en dirección Norte-Sur**.

Los peregrinos habían descubierto en 1269 los “**polos magnéticos**” a los que llamaron “Norte” y “Sur”.

William Gilbert, físico, condujo varias investigaciones y experimentos con magnetos y cuerpos magnéticos; su gran aportación fue concebir a la Tierra como **un imán gigante**, un pensamiento muy avanzado para la época el cual plasmó en el libro “De Magnete”, en 1600.

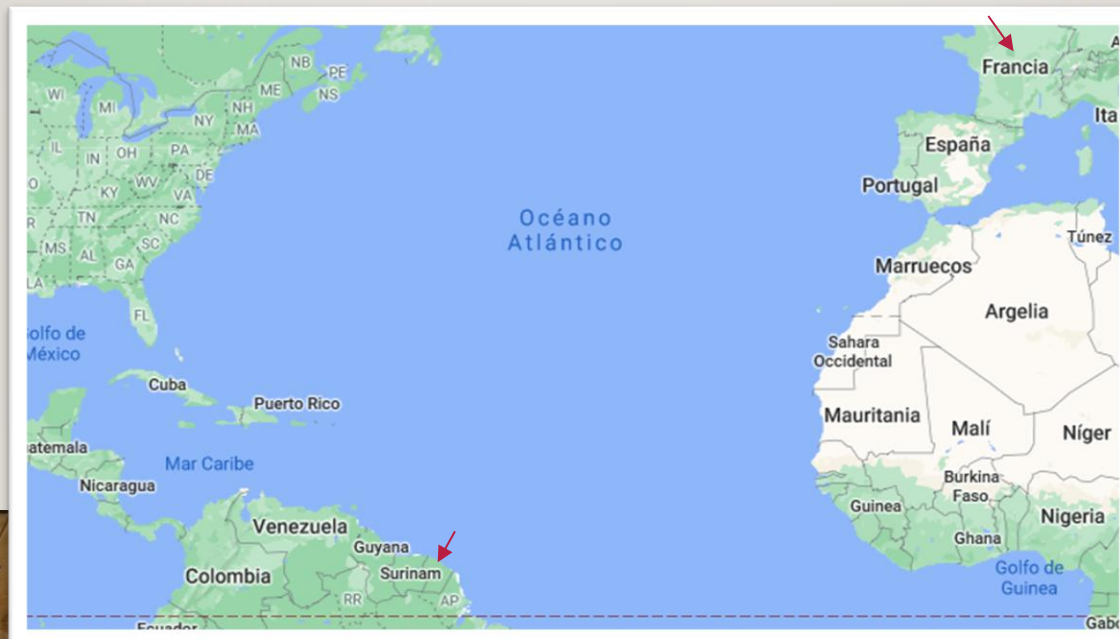
Como método de exploración, probablemente comenzó en 1640, cuando **la brújula fue utilizada como instrumento para detectar cuerpos sepultados de hierro**.



Métodos Gravimétricos

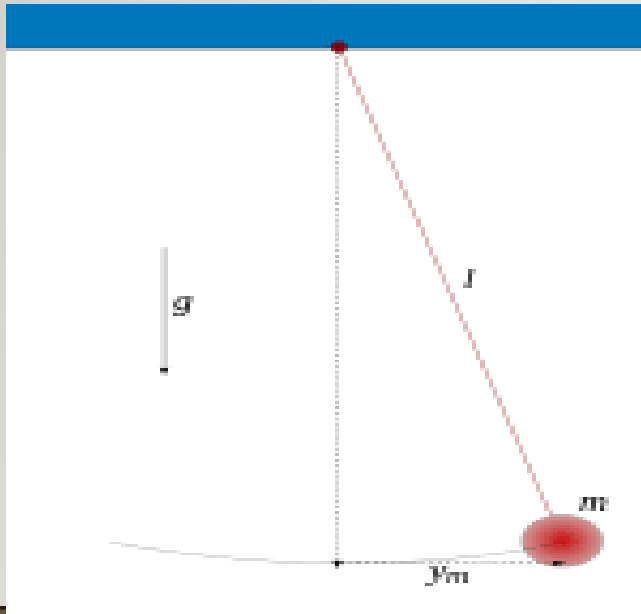
Jean Richer en 1672, notó que el reloj de péndulo que había construido en París para marcar los segundos, **perdía uno y medio a dos minutos al día** cuando este se situaba en Cayenne, Francia.

Era sabido que el tiempo de desplazamiento de un péndulo simple es función de su longitud por la acción de la gravedad; entonces concluyó que si la **longitud del péndulo no se alteraba**, las variaciones en el tiempo se debían a que el **campo gravitacional terrestre era diferente en París y en Cayenne.**



Henry Cavendish y Eötvös, utilizando la **balanza de torsión de Coulomb**, obtuvieron evidencia concreta acerca de las **variaciones de la densidad a profundidad**, en la corteza terrestre.

Las aplicaciones en la **prospección petrolera** comenzaron en 1914 (E. de Goyler) y la relación con las estructuras geológicas en 1917 (H V Boeckh).



Métodos Eléctricos

En 1720, Gray y Wheeler habían realizado medidas de **resistividad en rocas**, tabulando sus resultados.

Los primeros descubrimientos de que la Tierra actuaba como un conductor se deben a Watson en 1746, quien notó **una corriente errática** que pasaba a través de dos electrodos hincados en el terreno y separado varios kilómetros, de igual manera observó que cuando se cerraba el circuito conectando cables, **el flujo era diferente**.

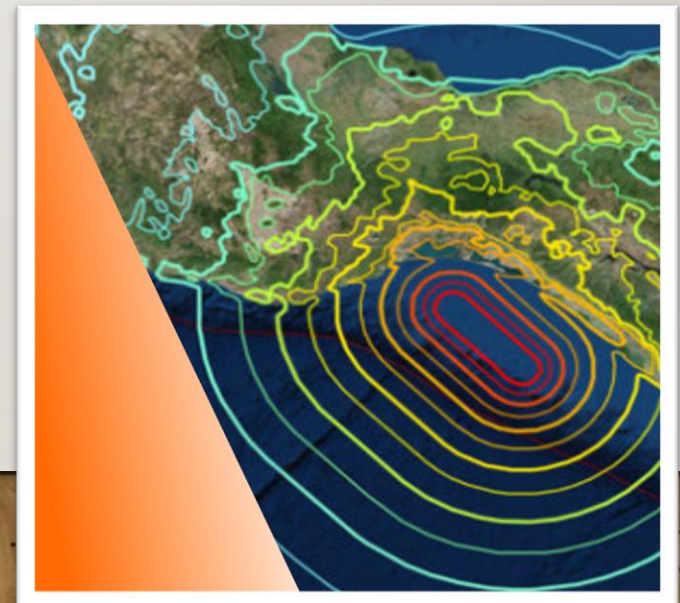
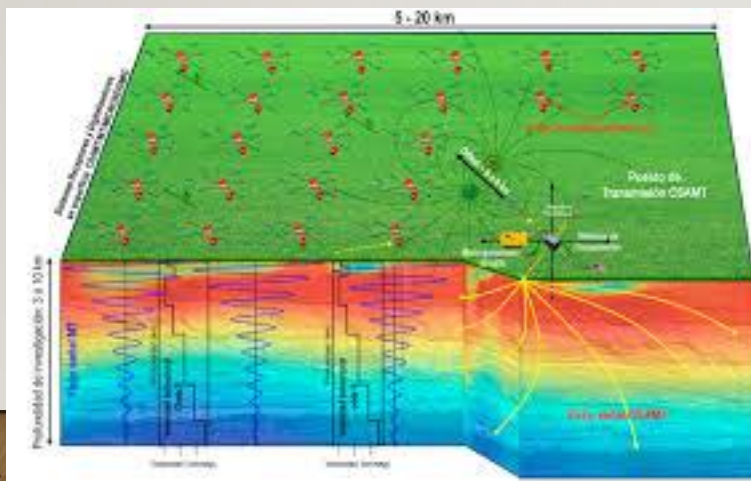
Y fue hasta 1913 donde Marcel y Conrad Schlumberger durante la Primera Guerra Mundial lo aplicaron en la **detección de minas**.



Método Sísmico

En 1761 John Michel publicó un escrito en el cual establecía que el movimiento del terreno producido por **terremotos**, se transmite a través de las **vibraciones elásticas en la corteza terrestre**; además, sugirió que de las observaciones sobre el tiempo de impacto en diferentes lugares, permitía **determinar el lugar de origen del terremoto**.

La técnica de **refracción sísmica** nació por parte de los geofísicos para **localizar los domos salinos** entre 1905 y 1906. En ese sentido L. P. Garrett condujo de manera exitosa este tipo de exploraciones.

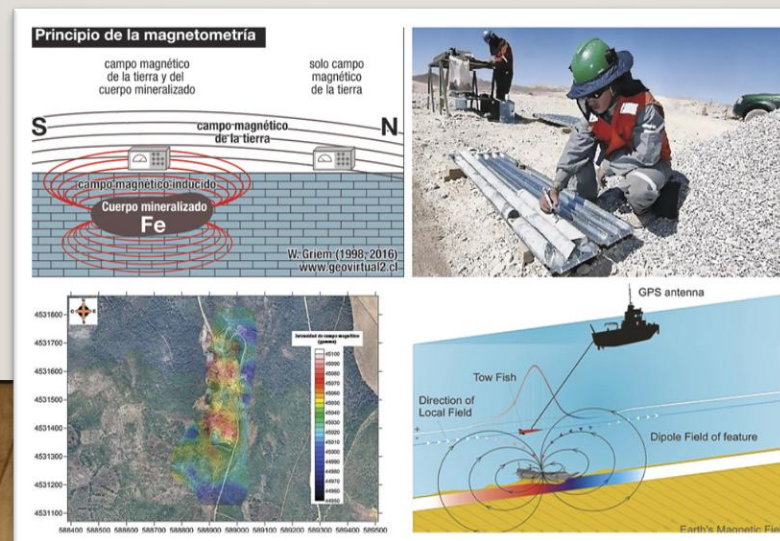


Tendencias actuales

El desarrollo tecnológico y la necesidad de solucionar situaciones del medio físico han contribuido al crecimiento y diversificación de la geofísica aplicada.

Se han creado **aparatos más sensibles**, con los que es posible detectar **objetivos económicamente importantes** localizados a **profundidades diversas**.

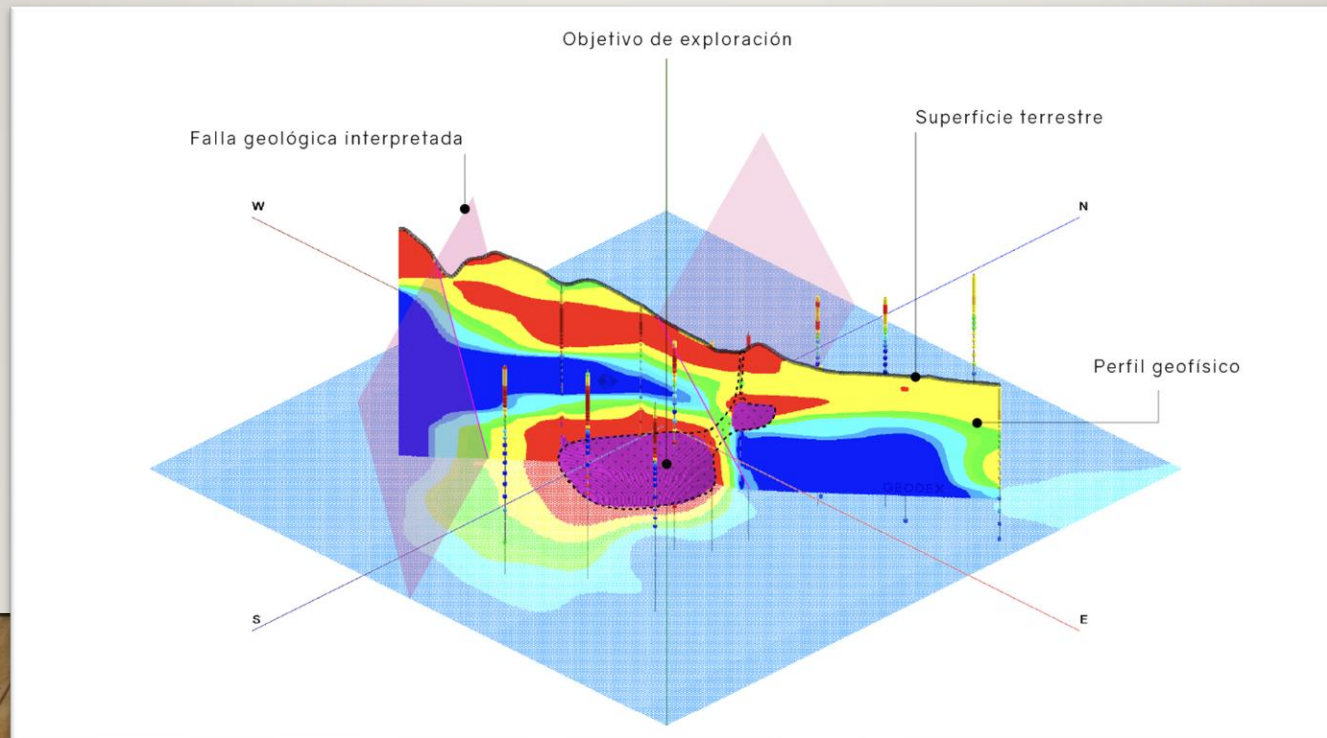
El desarrollo de las técnicas del **filtrado lineal** y **los elementos finitos** hacen cada vez más poderosa la **simulación numérica** en la **solución inversa**.



Tendencias actuales

Las aportaciones de la **sismología** ha permitido la **construcción de túneles, puentes** y otro tipo de infraestructura de magnitud nacional.

Los incontenibles **adelantos en la electrónica** condujeron a aplicar la técnica del radar de penetración terrestre en el reconocimiento del subsuelo y estructuras, así como **detectar eventualidades geológicas** que ponen en **riesgo potencial una obra civil**.

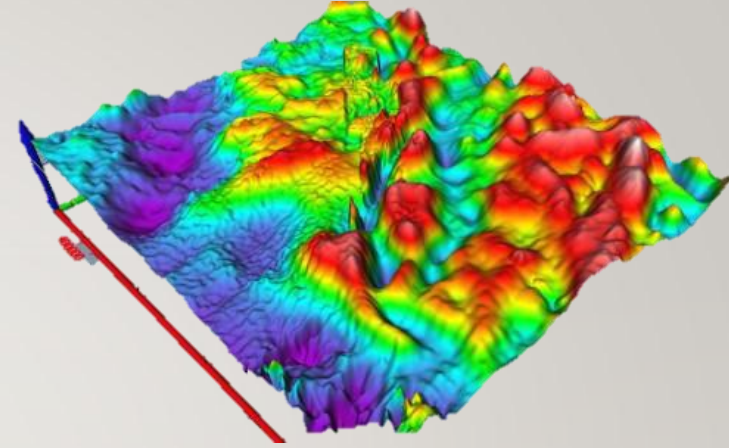


Factores que gobiernan la aplicación de la geofísica de exploración

La aplicación de las diversas técnicas geofísicas de exploración depende fundamentalmente de la **existencia en el subsuelo de cuerpos físicos, químicos o físico-químicos contrastantes.**

Una limitación primordial en la aplicación de cualquier método es la **carencia de un suficiente contraste de alguna propiedad física o química;** las limitaciones son causadas directa o indirectamente por esto.

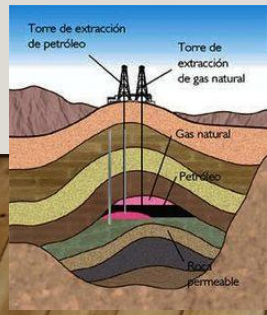
En la actualidad, en vez de decir que un **instrumento no es suficientemente sensible** o potente, se externa que los **cuerpos en el subsuelo presentan un paupérrimo contraste** en sus propiedades respecto al medio encajonante.



Objetivos de la geofísica aplicada

Los objetivos de la prospección geofísica, **utilizando los contrastes y variaciones de las propiedades físico-químicas**, son:

- **Localizar yacimientos** de: agua, petróleo, gas, vapor, y minerales de interés económico para el hombre.
- Localizar en el subsuelo estratos que representen **masas resistentes** y que **puedan soportar una obra civil**.
- Monitoreo de flujo y transporte de **contaminantes**.
- Mapeo de eventualidades geológicas que representen **un riesgo potencial** para las obras civiles.



Relación: señal-mensaje-ruido

El explorador debe comprender y diferenciar perfectamente en la señal medida si está afectada por ruido.

Señal = mensaje + ruido

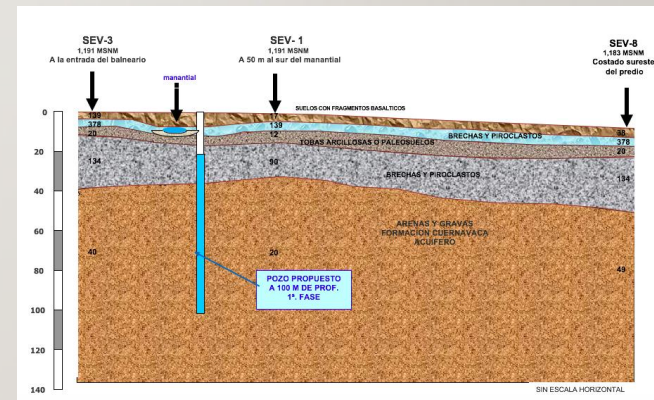
Tipos de ruido:



Instrumental



Operador



Geológico

Métodos geofísicos y propiedades envueltas

Activos



Se estimula el subsuelo por medios artificiales

Estáticos



Se mide la variación espacial de un campo estático

Pasivos



Se detectan las variaciones naturales de los campos más comunes

Dinámicos



Miden la variación espacial de los campos transitorios

CLASIFICACIÓN SEGÚN LAS PROPIEDADES FÍSICAS

Los métodos geofísicos se dividen en **métodos pasivos** y **métodos activos**, según sus propiedades físicas.

MÉTODOS PASIVOS:

En estos métodos miden las variaciones de una propiedad natural sin introducción de fuentes de energía externas. Para ello se utiliza un instrumento que mide la respuesta de los materiales de su energía natural, siendo los más comunes:

- Los métodos de prospección gravimétricos.
- Los métodos de prospección magnéticos.
- Los métodos de prospección eléctricos de potencial espontáneo.



CLASIFICACIÓN SEGÚN LAS PROPIEDADES FÍSICAS

MÉTODOS ACTIVOS:

En estos hay que introducir en el terreno alguna forma de energía y la respuesta del terreno a dicha introducción, se mide con un detector.

Estos métodos son más complicados y caros, ya que se necesita **un transmisor y un receptor**. Por otra parte, tienen la ventaja de que **la transmisión de energía al terreno puede ser controlada** proporcionando respuestas con una información más particular de la zona, lo que permite mediciones más precisas.

Los métodos activos más comunes son:

- Métodos sísmicos.
- Métodos eléctricos (**con excepción del potencial espontáneo**).

RECONOCIMIENTO AÉREO Y TERRESTRE

La prospección geofísica tiene dos modalidades:

La “**geofísica aerotransportada o aérea**” en la que los aparatos se colocan dentro de un avión/dron y se miden los parámetros a la misma velocidad del vehículo que transporta el sensor.

La “**geofísica terrestre**”, en la que las mediciones se realizan en el suelo, con aparatos fijos o móviles.

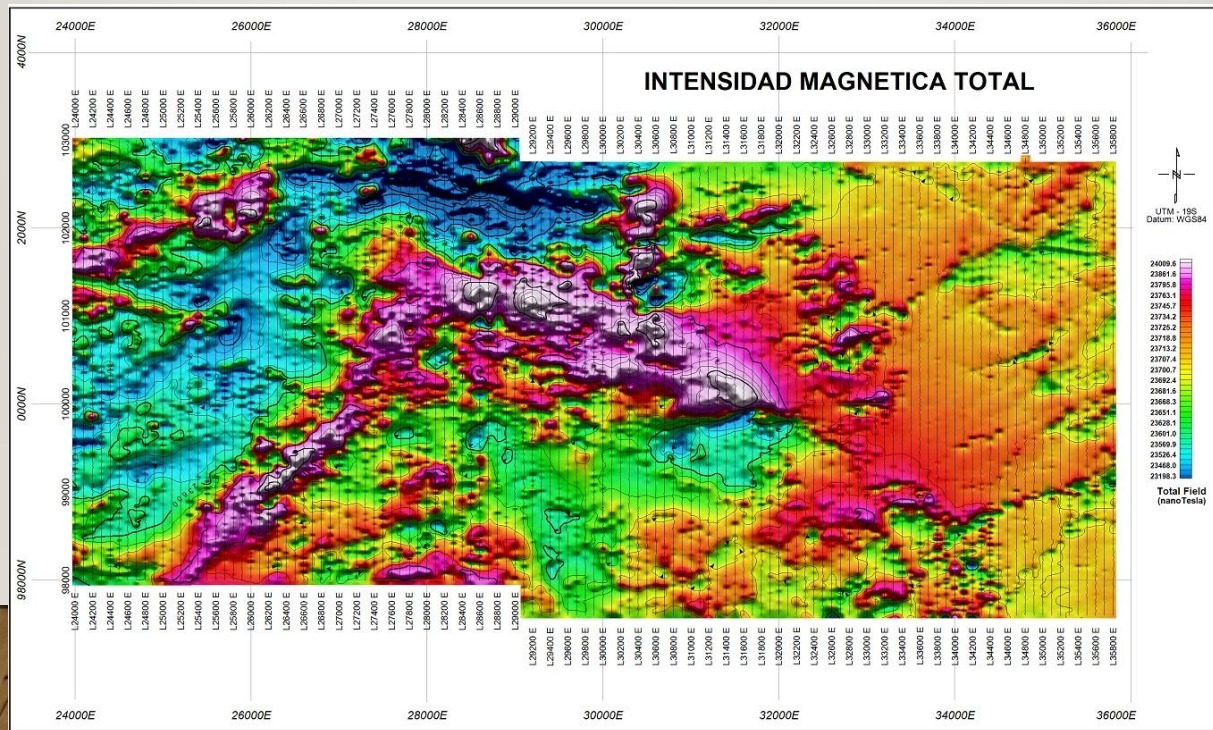
La rapidez de la geofísica aerotransportada resulta muy eficaz en las primeras etapas de la prospección.



RECONOCIMIENTO AÉREO Y TERRESTRE

La aplicación de los métodos de prospección geofísicos aéreos presenta una **gran ventaja** sobre los métodos terrestres:

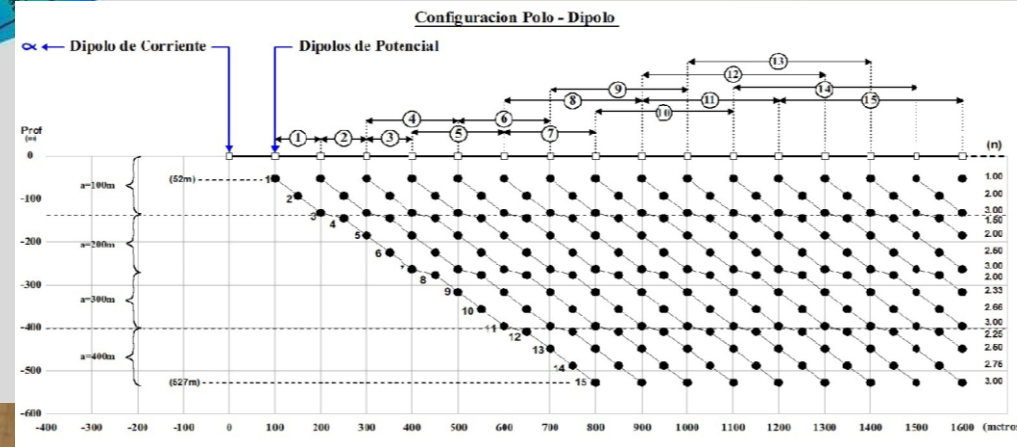
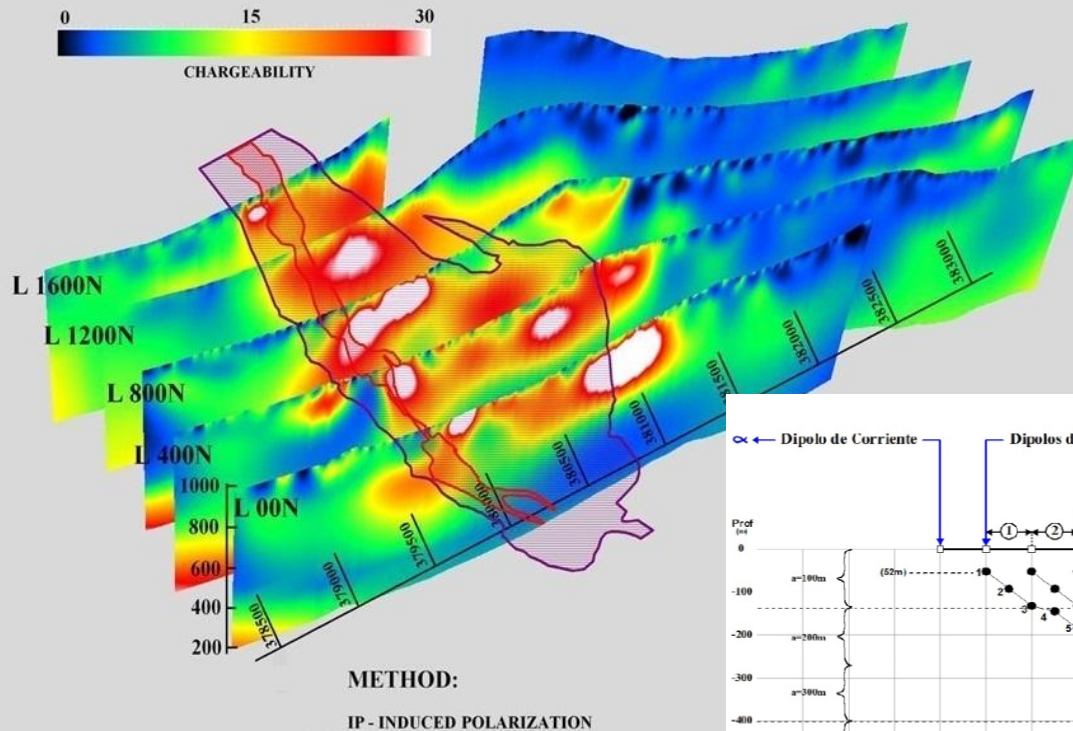
- Gran **rapidez** en la adquisición de datos.
- Completa **cobertura** de el área de investigación, por lo que se usa frecuentemente en la fase inicial de la exploración.



RECONOCIMIENTO AÉREO Y TERRESTRE

Los métodos terrestres ofrecen la mayor resolución en el reconocimiento del subsuelo, por lo que son usados para la prospección a pequeña escala.

SCHAFT CREEK GEOPHYSICAL MODEL



MÉTODOS DE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

- **Método gravimétrico:**

Este método mide las variaciones de la componente vertical del campo gravitatorio terrestre.

- **Métodos magnéticos:**

Basado en las variaciones del campo magnético de la Tierra, producidas por los componentes magnéticos de las rocas.

- **Métodos sísmicos:**

Basados en las variaciones en las propiedades elásticas de las rocas, medidas a través del comportamiento que presentan las ondas sísmicas que las atraviesan.



MÉTODOS DE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

- **Métodos radiactivos:**

Variaciones en la radiactividad natural, a partir del cual el contenido de elementos radiactivos de las rocas pueden ser estimados.

- **Métodos eléctricos:**

Basados en las propiedades eléctricas de las rocas y los minerales, como la conductividad eléctrica o su contrario la resistividad, que pueden ser obtenidas midiendo las diferencias de potencial eléctrico de las rocas.

- **Métodos electromagnéticos:**

Basados en la generación de un campo electromagnético primario que produce corrientes en los materiales conductores del subsuelo dando lugar a un campo electromagnético secundario.



Clasificación de los métodos de exploración

Método	Campo de fuerza	Propiedad Física o Química
Magnético	Campo de fuerza magnético	Susceptibilidad magnética
Gravimétrico	Campo de fuerza gravitatoria	Densidad
Eléctrico	Campos eléctricos natural y artificial	Conductividad eléctrica
Sísmico	Campo artificial creado por las ondas sísmicas	Velocidad de propagación de onda sísmica
Radiométrico	Radiación radioactiva	Radioactividad, emisión de partículas eléctricas cargadas desde el núcleo de átomos de materiales radioactivos
Geotérmico	Gradiente de temperatura terrestre	Conductividad térmica
Geoquímico	Ascenso y descenso de soluciones	Contenido de minerales de la tierra

Estructuras geológicas y fundamentos de la geofísica de exploración

La selección de un método geofísico apropiado para una exploración depende de las **características de las estructuras geológicas** y de las **condiciones del terreno**.

Sin embargo, para poder aplicarlos en la prospección, es necesario que se presente dos condiciones importantes:

- Que existan **contrastes significativos**, es decir, anomalías que se pueden detectar y medir.
- Que estos contrastes **se puedan correlacionar con la geología del subsuelo**.



Estructuras geológicas y fundamentos de la geofísica de exploración

Las mediciones en las **rocas ígneas son difíciles de observar para la exploración geofísica**, ya que estas presentan una estratificación compleja, usualmente lentes, intrusiones e ínter-digitaciones, y los principios de los métodos se basan en medios homogéneos, isotrópicos, horizontales y de extensión infinita.



Estructuras geológicas y fundamentos de la geofísica de exploración

Las rocas sedimentarias muestran estratificación y pliegues bien definidos.

Los **materiales granulares son más accesibles** para su estudio, debido a los procesos de transporte, clasificación y estratificación.



