

## Capítulo VII

### ESTUDIOS GEOLOGICOS

Los estudios geológicos son efectuados normalmente por geólogos, pero es importante que el ingeniero civil conozca sus objetivos y sea capaz de utilizar sus resultados. Los estudios se hacen yendo de lo general a lo particular, lo que significa ir de lo menos costoso a lo que requiere mayores erogaciones.

Frecuentemente el ingeniero civil tiene que programar y efectuar algunos estudios geológicos, por lo que sus conocimientos sobre el tema son de capital importancia en su vida profesional.

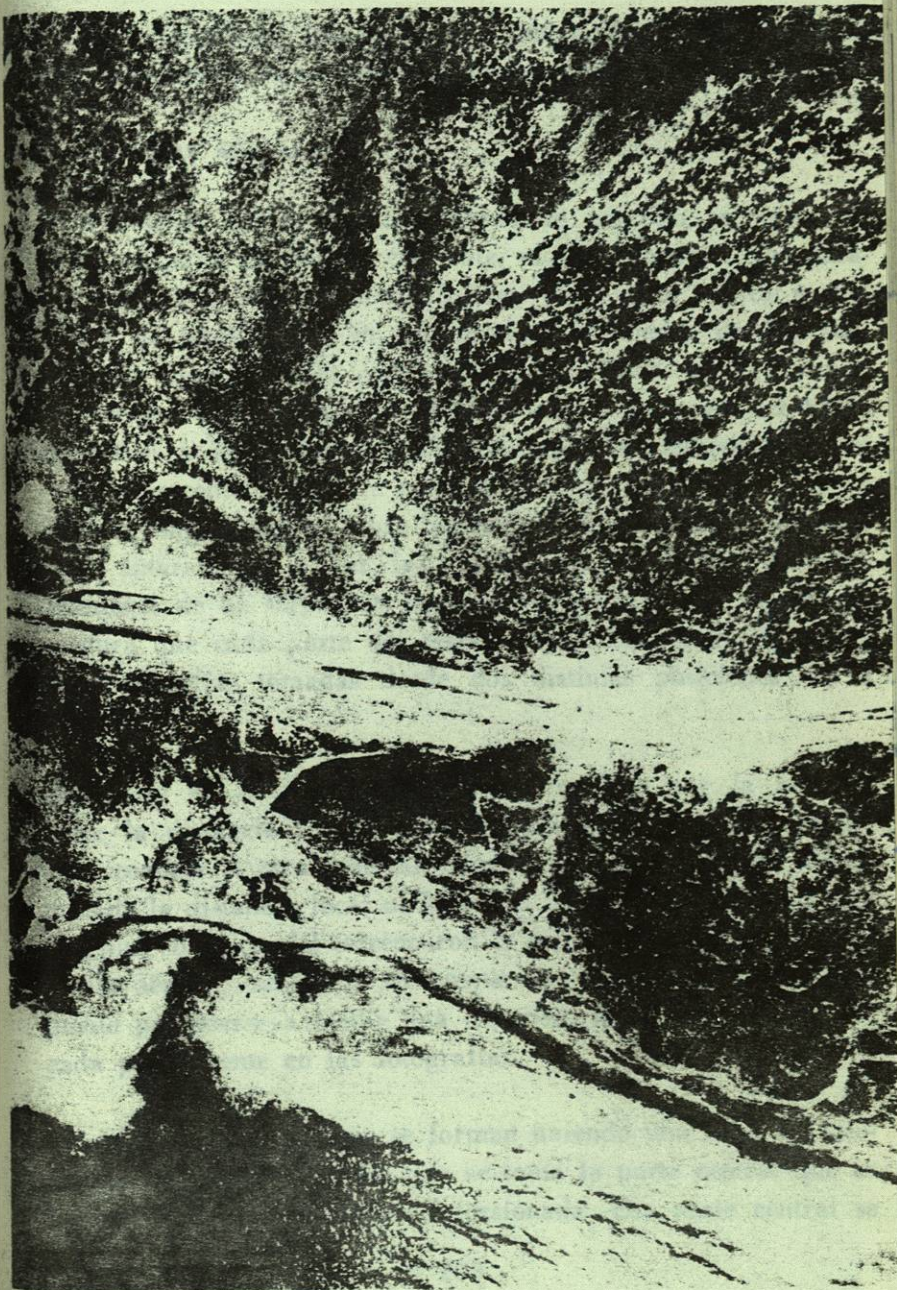
#### FOTOINTERPRETACION

El uso de las fotografías aéreas es muy importante en los grandes proyectos de ingeniería.

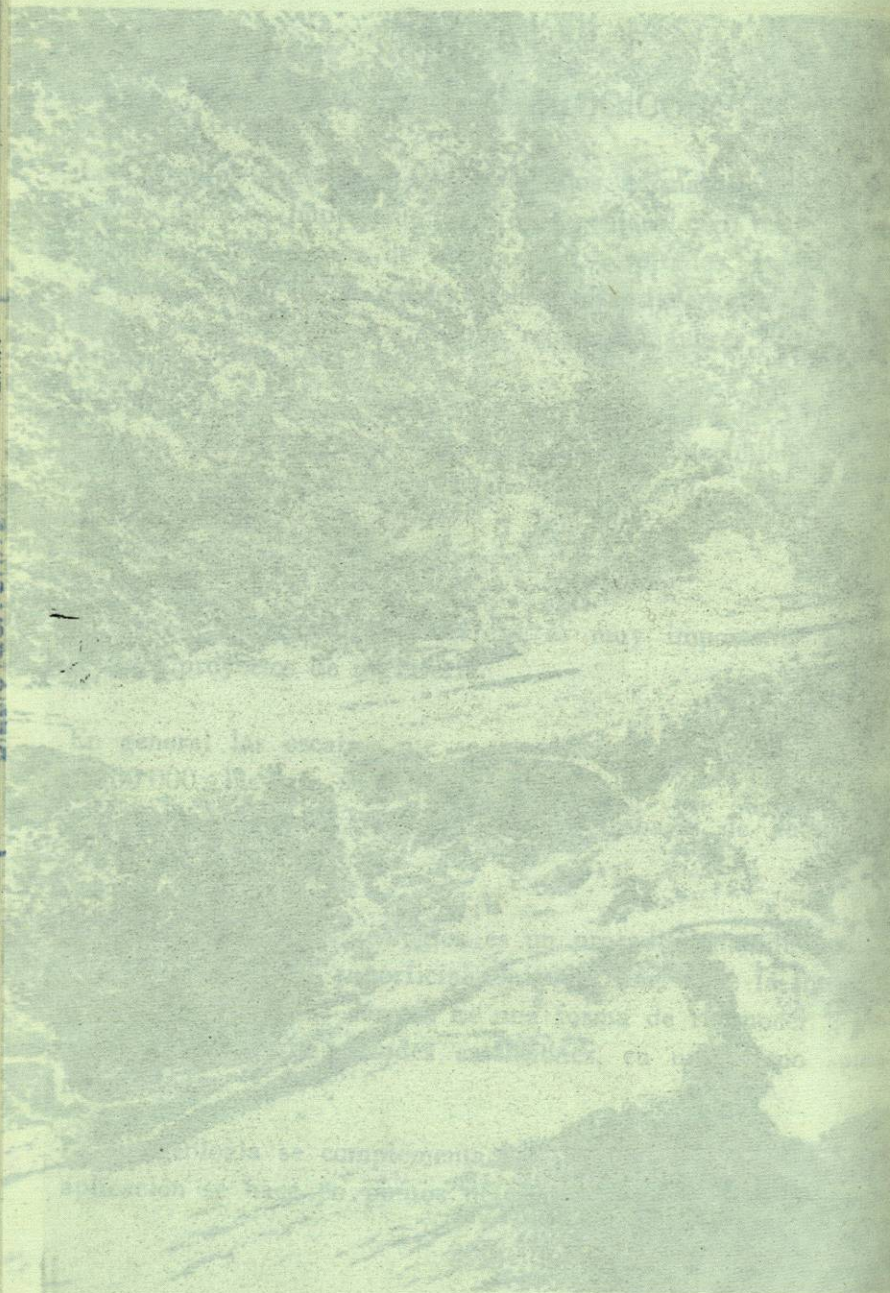
En general las escalas que se emplean varían de 1:2 000 a 1:100 000; las más utilizables para estudios de reconocimiento son de 1:25 000 a 1:50 000, y para trabajos de detalle de 1:5 000 a 1:20 000.

La fotointerpretación geológica es un procedimiento de trabajo para hacer geología superficial teniendo como base la interpretación de fotografías aéreas. Es una forma de reconocer geológicamente áreas de grandes extensiones, en un tiempo sumamente corto.

La fotogeología se complementa con geología de campo, cuya aplicación se hace en puntos determinados que se seleccionan



Fotografía aérea. Zona de deslizamientos cerca del litoral en el Estado de Baja California



en las fotografías y que se llaman puntos de verificación. Con ésta metodología se consigue una mayor calidad en los estudios.

#### FOTOGRAFÍAS AÉREAS

Para obtener las fotografías aéreas de contacto tal como se necesitan para un trabajo corriente, el avión hace vuelos paralelos con una separación de 3 Km. entre uno y otro a una altura de unos 4,500 m. sobre el nivel medio del terreno, variando estos factores según las características de la lente y las escalas propuestas. Las exposiciones a lo largo del vuelo se toman a intervalos de 1.5 Km. aproximadamente. En un vuelo adyacente a otro, la cámara toma las fotografías con un 30% de superposición sobre las fotografías tomadas en el recorrido anterior y a su vez, las tomadas en línea tienen un recubrimiento de un 60% con la que le sigue. De esta manera se asegura que cada parte del terreno aparezca por lo menos en dos fotografías tomadas desde dos distintas posiciones de la cámara.

La escala de la fotografía está determinada por la relación entre la distancia focal de la cámara y la altura de vuelo. Para conocer la escala de las fotografías aéreas sin tener determinada la distancia focal ni la altura de vuelo, se compara una longitud conocida del terreno con la misma definida en la fotografía aérea. Cuando no se cuenta con un plano de la región puede procederse a medir una distancia en el terreno identificada previamente en las fotografías.

Los mosaicos fotográficos se forman uniendo una serie de fotografías de contacto, de las que se toma la parte central que es la que se encuentra menos distorsionada. Esa parte central se

recorta a lo largo de los ríos, caminos o contactos geológicos, con el objeto de que se note menos la unión de las fotos.

También pueden utilizarse fotografías aéreas oblicuas.

Las fotografías aéreas en colores son utilizadas para estudios de detalle, normalmente de escalas de 1:20 000 a 1:1 000. Su costo se estima como del doble que el de las de blanco y negro. Se puede obtener de ellas una mejor información.

Han aparecido otros sistemas de obtención de imágenes de la superficie terrestre, llamados sensores remotos (las fotografías también quedan clasificadas como sensores remotos). Estos sistemas son esencialmente el radar vertical y oblicuo que captan la reflexión de ondas de muy alta frecuencia y el barredor térmico de infrarrojo que percibe diferencias de temperatura de los objetos.

Las ondas se reciben en una superficie pulida especial (espejo) y se transmiten en forma de corriente eléctrica para ser grabadas en una cinta magnética, que es una especie de video tape. De la cinta, a través de una computadora y un cinescopio especial se convierten en imágenes que se imprimen en papel fotográfico, en blanco y negro.

Se emplean también fotografías obtenidas con diferentes tipos de filtros y de películas que contrastan o detectan mejor algunos rasgos particulares.

Los sensores de radar y el "scanner" o barredor, se usan en los reconocimientos que se hacen en la Luna y en otros cuerpos celestes. Su aplicación a estudios para localización de recursos

naturales en la Tierra, es todavía restringida y está prácticamente en etapa de experimentación.

### ESTEREOSCOPIA

Cuando una misma área ha sido fotografiada desde dos posiciones distintas y las dos fotografías se examinan a través de un estereoscopio, el terreno se ve en tercera dimensión y presenta la apariencia de un modelo en relieve. A este fenómeno se le llama estereoscopia.

### INTERPRETACIÓN

Interpretar las fotografías aéreas es obtener de ellas toda la información que sea posible, basándose en los diversos criterios técnicos y científicos tanto de orden geológico como de la ingeniería. La interpretación fotogeológica no se basa en nuevos principios sino que aprovecha la perspectiva aérea que se obtiene en las fotografías y subraya la importancia de los elementos morfológicos y las anomalías estructurales en la búsqueda de información.

Para hacer la interpretación de las fotografías, al igual que en la geología de campo, debe tenerse en cuenta la idea básica de que las deformaciones estructurales pueden ser reconocidas en la superficie en virtud de la influencia que ejercen sobre los procesos erosivos que modelan las formas terrestres resultantes.

La cantidad de información geológica que puede obtenerse del área en estudio depende de la calidad de las fotografías, de las características del terreno, y de la experiencia, conocimientos y aptitudes del fotointérprete.

## LAS DOCE REGLAS DE LA INTERPRETACIÓN

Las reglas de la interpretación fotogeológica se reúnen en cinco grupos atendiendo a su común origen y a su similitud de características, distribuyéndose en ellos de la manera que a continuación se indica.

**Grupo Primero:** Reglas correspondientes a las características físicas de las fotografías aéreas mismas.

Regla 1a. o "del tono fotográfico" o "de los colores".

Regla 2a. o "de la textura de la fotografía".

**Grupo Segundo:** Reglas correspondientes a las características propias de los rasgos u objetos reproducidos por sus imágenes en las fotografías aéreas.

Regla 3a, o "de la forma y tamaño de los objetos o rasgos".

Regla 4a, o "de la sombra".

Regla 5a, o "de las relaciones con objetos asociados".

**Grupo Tercero:** Reglas correspondientes a las características topográficas, tal como se muestran en el modelo espacial o tridimensional formado por la observación estereoscópica de los estereogramas.

Regla 6a, o "de las formas topográficas constitutivas del relieve terrestre".

Regla 7a, o "de la posición o gradiente".

Regla 8a, o "de la discordancia".

Regla 9a, o de "las alineaciones".

**Grupo Cuarto:** Reglas correspondientes a las características

## Regiones petroleras y su importancia.

Fuentes de abastecimiento de agua de que se dispone.

Posibilidades de ampliar las áreas productivas de cualquier recurso.

Influencia que en la explotación de un recurso, pueden tener los restantes.

Posibilidades industriales de los recursos existentes.

Inter-relación en el aprovechamiento de los diversos recursos naturales y su posible influencia sobre las industrias existentes.

Condiciones demográficas y posibilidades de colonización.

Vías de comunicación que son necesarias, jerarquizando su importancia.

Fuentes de energía de que se podría disponer.

Visión de conjunto de todos los recursos aprovechables.

Nuevas actividades provechosas que podrían establecerse en cada zona.

Proposición concreta de obras de ingeniería.

Elaboración de una programación de actividades inmediatas y a largo plazo.

## VENTAJAS

Las principales ventajas de usar las fotografías aéreas son:

1. El tiempo necesario para realizar un trabajo se reduce notablemente.
2. En regiones difíciles de habitar para el hombre debido a las condiciones climáticas, lo que acontece en zonas tórridas, desérticas y glaciáricas, las fotografías aéreas tomadas en una época propicia permiten llevar a cabo su reconocimiento sin dificultades.
3. El poder disponer en el momento necesario de las fotografías aéreas para hacer una nueva investigación en el área estudiada sin necesidad de hacer nuevos gastos.
4. La riqueza de detalle que se tiene en las gráficas aéreas no puede conseguirse en un plano topográfico por más tiempo que se emplee en levantarlo.
5. Las zonas que por su morfología son inaccesibles o de difícil tránsito para el geólogo o para el ingeniero, para el fotointerpretador no representa ningún problema.
6. La calidad del trabajo es insuperable ya que con las fotografías aéreas se tiene una visión general que permite obtener e interpretar la información para llegar a conclusiones acertadas.
7. Substituye el trabajo topográfico que además de ser el factor que más tiempo toma en la exploración a menudo se presta para que se cometan errores de consideración.

8. El resultado de la exploración es completo en cuanto al área por estudiar.
9. Puede obtenerse de las fotografías la solución inmediata de algunos problemas geológicos o de otra índole.
10. Basándose en la geomorfología se hace una interpretación de los fenómenos geológicos que existen en el subsuelo.
11. La fotointerpretación es un procedimiento inmejorable al programar los itinerarios que deberán seguirse para el reconocimiento en el terreno.
12. Cuando van a localizarse las secciones más convenientes para estudiar la estratigrafía de una región, la fotogeología es extraordinariamente útil ya que cada sección puede ser escogida con la seguridad de que proporcionará una información máxima.
13. Se reduce el problema debido a la particular disposición de los nativos de algunas regiones en contra de los técnicos que van a hacer reconocimientos.

## LIMITACIONES

La fotointerpretación no puede emplearse en muchos casos como procedimiento único, pues está limitada por algunos obstáculos actualmente insalvables, que obligan a usar otros métodos de exploración de más detalle y más costosos. Sin embargo, en todo caso, sirve para planear el siguiente paso de investigación.

## MAPAS GEOLOGICOS

La planeación del uso de la tierra y del agua para satisfacer las necesidades del hombre, es una de las aplicaciones básicas de la ingeniería civil. Para poder hacer una planeación correcta deben conocerse los siguientes factores.

1. Topografía del sitio o configuración y planimetría de la superficie terrestre, y
2. La geología del lugar. Conocimiento de las rocas y suelos, así como de las condiciones de las aguas superficiales y subterráneas.

Estas características pueden ser representadas gráficamente en un mapa. Los mapas geológicos muestran la distribución de las rocas y suelos en un área determinada. Los mapas geológicos pueden ser representados gráficamente en un mapa bidimensional, por lo tanto para complementar la información dada por un mapa de geología superficial, se añade información columnar o de secciones geológicas. La sección geológica representa la distribución de los estratos proyectados sobre un plano vertical.

Un mapa topográfico es la representación de las características naturales y culturales de un área por medio de signos convencionales sobre una superficie plana. El mapa topográfico muestra las medidas horizontales como las elevaciones, las que se refieren a un cierto nivel o datum; para la mayoría de los casos este es el nivel del mar con elevación 0.00. La configuración de la superficie terrestre, puede ser representada en un mapa por medio de curvas de nivel. Las escalas de los mapas varían de acuerdo con el terreno y con el uso a que se les destina.

## MAPAS GEOLOGICOS

Hay dos tipos básicos de mapas geológicos: el mapa de la superficie y el mapa de subsuelo. El primero se forma a partir de

datos de geología superficial y el segundo a partir de perforaciones, registros eléctricos, sondeos geofísicos y por extrapolación de los datos superficiales.

Los mapas de geología superficial muestran el carácter y la distribución de los materiales superficiales, tales como los afloramientos (rocas expuestas) y los suelos que generalmente se identifican de acuerdo con su origen. Estos mapas son sumamente útiles para los ingenieros ya que, además de los tipos de rocas y suelos, muestran detalles estructurales tales como fracturas y fallas, rumbo y echado de las capas, la posición de los ejes de anticlinales y sinclinales y otros rasgos interesantes. Estos elementos se señalan por medio de símbolos.

Las estructuras del subsuelo por ser tridimensionales no pueden mostrarse adecuadamente en un mapa bidimensional, por lo tanto para complementar la información dada por un mapa de geología superficial, se añade información columnar o de secciones geológicas. La sección geológica representa la distribución de los estratos proyectados sobre un plano vertical.

Los mapas superficiales y las secciones geológicas no pueden explicar con suficiente claridad una condición geológica compleja; en tales casos se utilizan los llamados bloques diagramáticos, que son representaciones en perspectiva.

## GEOLOGIA DE CAMPO

La geología de campo trata directamente de los criterios que deben guiar en las exploraciones de campo al técnico que las realiza. Tiene relación tanto con la geología superficial como con la del subsuelo.

Las normas que establece la geología de campo, son fundamentales en la investigación de las condiciones geológicas de los lugares en que se planea construir obras de ingeniería. A través de estos estudios, puede llegarse a un conocimiento definitivo de las características litológicas, estructurales e hidrológicas que permitan proyectar con seguridad la obra planeada. En muchas ocasiones un reconocimiento superficial no es suficiente para conocer con claridad las condiciones geológicas del lugar, por lo que se hace necesario programar, de preferencia durante el mismo reconocimiento, otros pasos de investigación geológica que sean los adecuados para resolver las dudas que existan, relativas al trabajo de ingeniería propuesto para el área en cuestión.

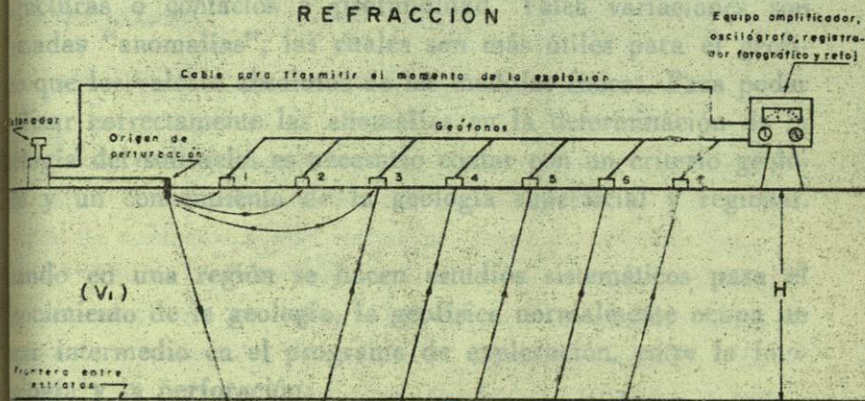
El uso de fotografías aéreas para los estudios de geología de campo es de gran utilidad, al grado de que no es conveniente proceder a efectuar un reconocimiento para una obra de importancia sin haber interpretado previamente las fotos de la zona.

### MÉTODOS GEOFÍSICOS DE EXPLORACION

La exploración geofísica es una forma de investigación de campo, en la que las medidas físicas se hacen generalmente desde la superficie del terreno, mediante el empleo de instrumentos especiales. Se aprovechan las diferentes propiedades físicas de las rocas para determinar sus posiciones relativas en el subsuelo.

Todas las técnicas de prospección geofísica, están basadas en unas cuantas leyes fundamentales de física, tales como la ley de atracción gravitacional de Newton, la de resistencia eléctrica de Ohm y la ley de la refracción de Snell. Durante mucho tiempo antes de que estas leyes fueran aplicadas a la exploración, ayudaron a los físicos a conocer la constitución interna de la Tierra.

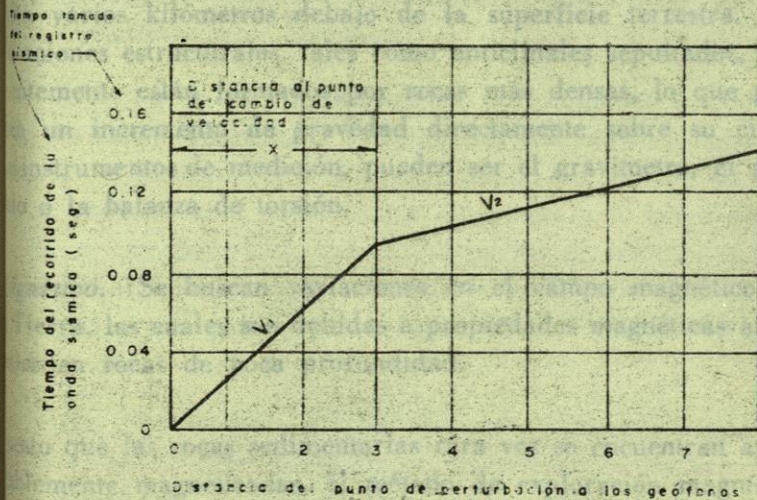
### INSTALACION METODO SISMICO POR REFRACCION



(V<sub>1</sub>)

(V<sub>2</sub>)

### CURVA RECORRIDO-TIEMPO



Las normas que establece la geología de campo, son fundamentales en la METALOGIA METÓDICA, para la explotación de las reservas geológicas de un país.

Al que se planea construir obras de ingeniería, a través de estos estudios, pueda llegarse a un conocimiento definitivo de las características litológicas, estructurales e hidrogeológicas de un terreno, para poder utilizarlas a la hora de planear las obras.

Conocer con claridad las condiciones geológicas del lugar, lo que se hace necesario programar, de preferencia durante el mismo reconocimiento, otros pasos de investigación geológica, según los adecuados para resolver las dudas que existan, respecto al trabajo de ingeniería propuesto para el área en estudio.

El uso de fotografías aéreas para los estudios de geología, campos es de gran utilidad, al grado de que no es costoso, y permite obtener a efectos un reconocimiento para una obra de ingeniería, en un tiempo menor que el que se requiere para un estudio de campo.

MÉTODOS GEOFÍSICOS DE EXPLORACIÓN

La exploración geofísica es una forma de investigación de campo, en la que las medidas físicas se hacen directamente desde la superficie del terreno, mediante el empleo de instrumentos especiales. Se aprovechan las diversas propiedades físicas de las rocas para determinar sus posiciones relativas en el subsuelo.

Todas las ramas de la geofísica, están basadas en unas cuantas leyes fundamentales de física, tales como la ley de atracción gravitacional de Newton, la ley de resistencia eléctrica de Ohm y la ley de la inducción magnética. Durante mucho tiempo antes de que estas leyes fueran aplicadas a la exploración, ayudaron a los físicos a conocer la constitución interna de la Tierra.

Las variaciones sistemáticas de las propiedades de las formaciones del subsuelo, son las que evidencian la existencia de estructuras o contactos a profundidad. Tales variaciones son llamadas "anomalías", las cuales son más útiles para el geofísico que los valores absolutos de las medidas físicas. Para poder analizar correctamente las anomalías en la determinación de la geología del subsuelo, es necesario contar con un criterio geológico y un conocimiento de la geología superficial y regional.

Cuando en una región se hacen estudios sistemáticos para el conocimiento de la geología, la geofísica normalmente ocupa un lugar intermedio en el programa de exploración, entre la fotografía y la perforación.

Los métodos geofísicos más usados, son:

**Gravimétrico.** Es empleado para detectar las variaciones de la atracción de la gravedad, producidas por rocas que yacen hasta varios kilómetros debajo de la superficie terrestre. Las elevaciones estructurales, tales como anticlinales sepultados, frecuentemente están formados por rocas más densas, lo que produce un incremento de gravedad directamente sobre su cima. Los instrumentos de medición, pueden ser el gravímetro, el péndulo o la balanza de torsión.

**Magnético.** Se buscan variaciones en el campo magnético de la Tierra, las cuales son debidas a propiedades magnéticas anormales en rocas de poca profundidad.

Como que las rocas sedimentarias rara vez se encuentran apreciablemente magnetizadas, el método de exploración magnética