

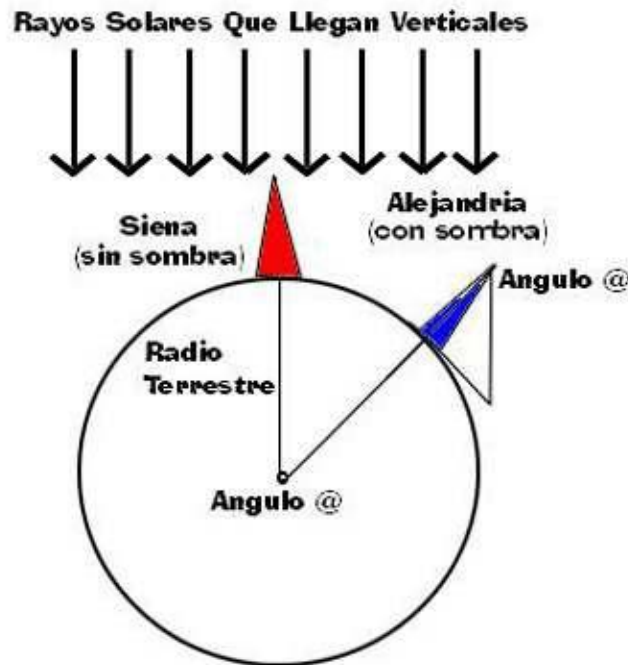
## Guía de Geofísica n° 3

*Profesor Jorge Reyes / Escrito por Christian Castro*

Radio Terrestre según Eratóstenes / Gradiente Geotérmico / Corrientes de Convección /  
Ley de Enfriamiento de Newton / Partes de un Volcán – VEI / Mareas

### Método de Eratóstenes para la determinación del radio Terrestre.

Eratóstenes habiendo comprobado que en Alejandría el día del solsticio de verano el sol no distaba del cenit más que la quincuagésima parte de circunferencia del gran círculo de la esfera, adoptando la cantidad de 5000 estadios como la longitud total del meridiano. El estadio egipcio tenía 157,2m por lo que puede calcularse en unos 39300 km. La referida longitud.



Para medir la distancia de Alejandría a Siena envió un servidor, que fue contando los pasos. Esa distancia es de unos 786 Km. Aproximadamente.

El ángulo @ lo calculó en base a la altura de la torre en Siena y el largo de la sombra proyectada, justo cuando en Alejandría el sol caía verticalmente, ósea al medio día. Dicho ángulo es de 7,2 grados, que es el mismo que forman los dos radios terrestres en el centro de la Tierra.

Con estos datos razonó así: Si para un ángulo de 7,2 grado la distancia es de 786 Km. Cuanto será para los 360 grados correspondiente a toda la circunferencia de la Tierra?.

Como 7,2 grados entra unas veces en los 360 grados, multiplicó 50 por 786 igual a: 39300 km. De perímetro. Dividiendo esta distancia por el número Pi, obtuvo el diámetro que es igual a: 12.510 Km.

El valor exacto es de: 12890 Km, que indica que calculo dicha medida con un error del 1%.

### **Gradiente Geotérmico**

La temperatura, que podemos medir en los primeros kilómetros de la corteza, aumenta con la profundidad siguiendo una progresión media de 3 °C cada 100 metros de profundidad. La relación entre la variación de temperatura y la profundidad recibe el nombre de gradiente geotérmico.

Además del calor natural de fondo debido a los distintos procesos físicos y químicos que se dan en el interior del planeta, existen otros factores que intervienen en la ecuación térmica.

Factores regionales: El contexto geológico y estructural a escala regional condiciona la distribución de las temperaturas; así pues, en zonas con vulcanismo activo o en áreas de reducción de la litosfera, el gradiente geotérmico será más elevado que en otras zonas sin actividad volcánica o con un grosor litosférico superior a la media.

Factores Locales: Las diferencias entre las propiedades térmicas de las rocas, como la conductividad térmica, producen sensibles variaciones laterales y verticales del gradiente geotérmico. El factor que más condiciona el valor del gradiente geotérmico es la circulación subterránea de agua, ya que ésta tiene la capacidad de redistribuir el calor. Así, en zonas de recarga de acuíferos el gradiente geotérmico disminuye debido a la circulación descendente del agua más fría, mientras que en las zonas de descarga sucede lo contrario (ascenso de agua profunda más caliente). Las estructuras geológicas también pueden condicionar el gradiente geotérmico en áreas muy reducidas, ya que localmente el agua subterránea puede ascender desde zonas profundas a través de planos de fractura, produciendo así anomalías térmicas muy intensas.

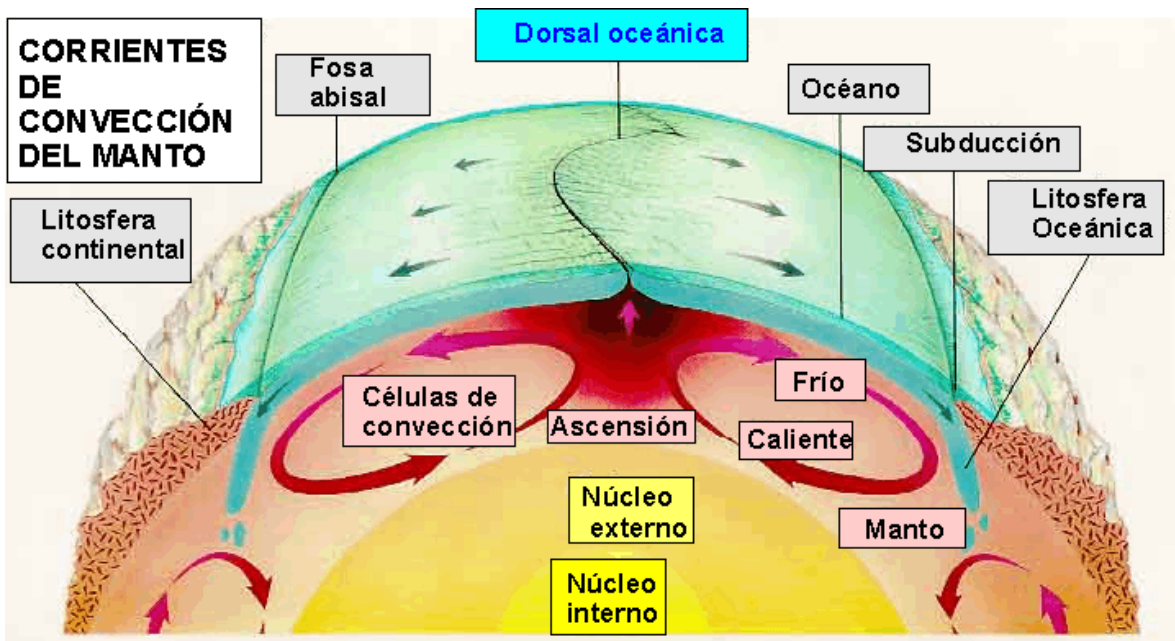
Por consiguiente, el valor del gradiente geotérmico, además de depender de la profundidad también varía en función del contexto geológico y estructural, las diferencias de propiedades térmicas de las rocas y la circulación de las aguas subterráneas.

### **Convección Térmica**

La Convección Térmica es transferencia de calor que ocurrirá entre un fluido en movimiento cuando están a diferentes temperaturas.

### Corrientes de Convección

Las corrientes de convección son movimientos que describen los fluidos. Cuando éstos se calientan, se dilatan y ascienden. Al llegar esos materiales a la corteza terrestre se enfrían debido a que esta capa tiene una baja temperatura. Al enfriarse los materiales, se contraen y descienden hasta alcanzar el núcleo de La Tierra, donde el proceso volverá a comenzar.



### Ley de enfriamiento de Newton

La transferencia de calor está relacionada con los cuerpos calientes y fríos llamados; fuente y receptor, llevándose a cabo en procesos como condensación, vaporización, cristalización, reacciones químicas, etc. en donde la transferencia de calor, tiene sus propios mecanismos y cada uno de ellos cuenta con sus peculiaridades. La transferencia de calor es importante en los procesos, porque es un tipo de energía que se encuentra en tránsito, debido a una diferencia de temperaturas (gradiente), y por tanto existe la posibilidad de presentarse el enfriamiento, sin embargo esta energía en lugar de perderse sin ningún uso es susceptible de transformarse en energía mecánica por ejemplo; para producir trabajo, generar vapor, calentar una corriente fría, etc. En virtud de lo anterior es importante hacer una introducción al conocimiento de los procesos de transferencia de calor a través de la determinación experimental de la ecuación empírica que relaciona la temperatura de enfriamiento de una cantidad de sustancia con respecto al medio.

Experimentalmente se puede demostrar y bajo ciertas condiciones obtener una buena aproximación a la temperatura de una sustancia usando la Ley de Enfriamiento de Newton. Esta puede enunciarse de la siguiente manera: La temperatura de un cuerpo cambia a una velocidad que es proporcional a la diferencia de las temperaturas entre el medio externo y el cuerpo. Suponiendo que la constante de proporcionalidad es la misma ya sea que la temperatura aumente o disminuya, entonces la ecuación diferencial de la ley de enfriamiento es:

$$\frac{dT}{dt} = -K(T - T_m)$$

donde:

T: Temperatura de un cuerpo

t: tiempo

T<sub>m</sub>: Temperatura del medio ambiente

luego separando variables se obtiene:

$$\frac{dT}{T - T_m} = -k dt$$

integrando da como resultado:

$$\frac{dT}{T - T_m} = -k dt$$

se obtiene:

$$\ln(T - T_m) = -kt + c$$

y por lo tanto la ecuación inversa:

$$T - T_m = e^{-kt+c}$$

$$T - T_m = e^{-kt} * e^c$$

si:

$$e^c = C$$

entonces:

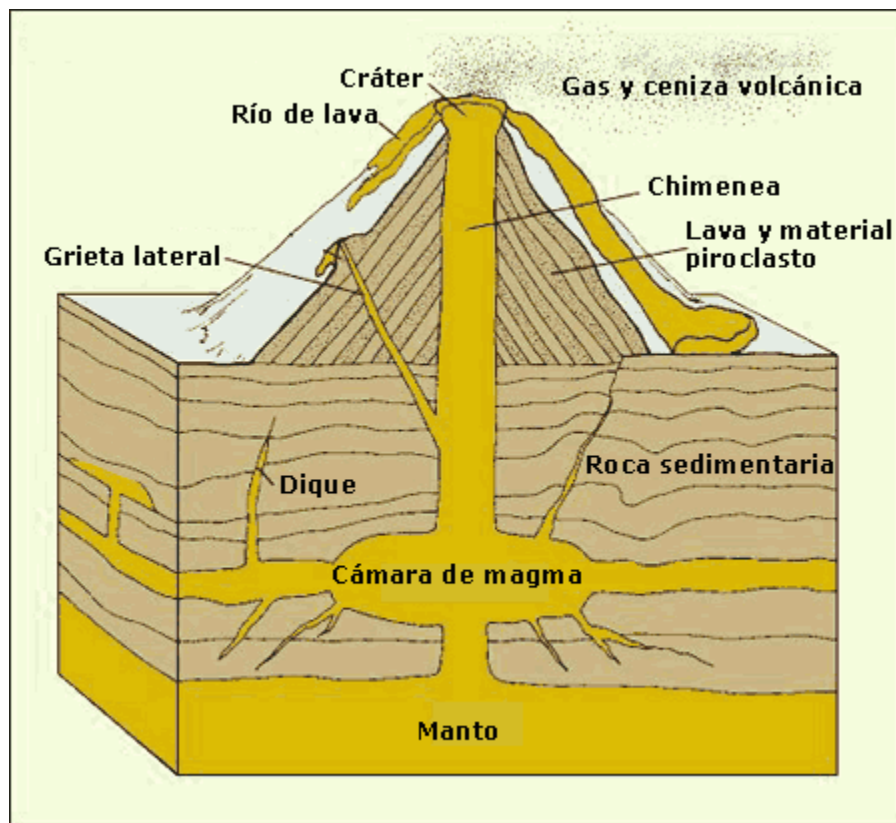
$$T - T_m = C e^{-kt}$$

$$T = T_m + C e^{-kt}$$

donde:

$C = T^\circ \text{ sistema} - T^\circ \text{ medioambiente}$

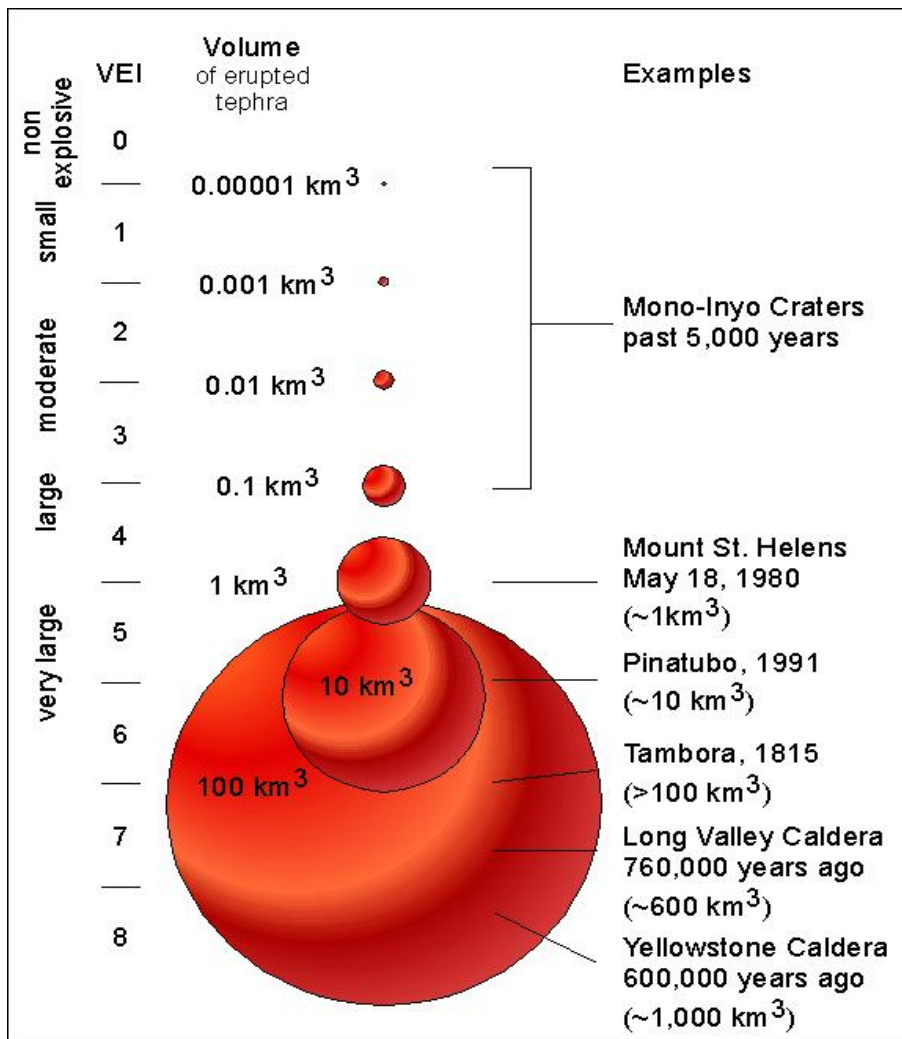
### Partes de un Volcán



## VEI

Los volcanes han estado en erupción durante miles de millones de años, pero los seres humanos han estado alrededor para registrar con diversos grados de precisión hace sólo unas decenas de miles de años, y con el rigor preciso, científico sólo a partir de principios del siglo 20. Sin embargo, a pesar de que muchas de las erupciones más catastróficas del planeta tuvieron lugar hace mucho tiempo, los científicos de hoy en día han desarrollado algunos medios para su calificación.

Científicos del Servicio Geológico de EE.UU. (USGS) utilizan el Índice de Explosividad Volcánica (VEI por sus siglas en inglés: Volcano Explosivity Index) para medir la magnitud de las explosiones volcánicas. Es una escala logarítmica que va de 1 a 8. Una erupción de magnitud 1 arroja menos de 350 mil pies cúbicos (10.000 metros cúbicos) de tefra volcánica, que consiste en ceniza y rocas, y una erupción de magnitud 8 libera más de 240 millas cúbicas (1.000 kilómetros cúbicos). Para tener una idea de la escala, las erupciones recientes en el Monte Merapi y Eyjafjallajokull en Islandia fueron de magnitud 4. La erupción de 1980 del Monte Santa Helena fue de una magnitud 5.



Escala de magnitud de erupciones volcánicas: VEI. Los números entre paréntesis representan el volumen total de material piroclástico arrojado en la erupción (ceniza volcánica, ceniza volcánica y flujos piroclásticos); los volúmenes son para los depósitos sin compactar. Cada aumento de paso representa un incremento de diez veces en el volumen de material piroclástico que fue emitido durante la erupción.

## **Mareas**

Las mareas son los ascensos y descensos periódicos de todas las aguas oceánicas, incluyendo las del mar abierto, los golfos y las bahías, la cual resulta de la atracción gravitatoria de la Luna y del Sol sobre el agua y la propia Tierra.

Las mareas que vemos en los Océanos son debidas a la atracción de la Luna y del Sol. La explicación más simple es que el agua en el lado de la Tierra más cercano a la Luna es atraída por la fuerza gravitatoria de la Luna más intensamente que el cuerpo de la Tierra, mientras que el agua del lado de la Tierra más alejado de la Luna es atraída menos intensamente que la Tierra. . Existen pues mareas tanto causadas por el Sol como por la Luna.

### **Mareas Lunares**

La Luna, al estar mucho más cerca de la Tierra que el Sol, es la causa principal de las mareas. Cuando la Luna está justo encima de un punto dado de la superficie de la Tierra, ejerce una fuerza de atracción del agua, que hace que se eleva sobre su nivel normal. La cresta de onda situada bajo la Luna se llama marea directa, y la del lado diametralmente opuesto de la Tierra se llama marea opuesta. En ambas crestas, prevalece la condición conocida como de marea alta, mientras que a lo largo de la circunferencia formada por las zonas perpendiculares al eje de mareas directa y opuesta se producen fases de marea baja.

Las mareas alta y baja se alternan en un ciclo continuo. En la mayoría de las costas del mundo se producen dos mareas altas y dos bajas cada día lunar, siendo la duración media de un día lunar 24 horas y casi un minuto. Una de las mareas altas está provocada por la cresta de marea directa y la otra por la cresta de marea opuesta.

### **Mareas Solares**

Asimismo, el Sol provoca el ascenso de dos crestas de onda opuestas, pero como el Sol está lejos de la Tierra, su fuerza para crear mareas es un 46% menor que la Luna. El resultado de la suma de las fuerzas ejercidas por la Luna y el Sol es una onda compuesta por dos crestas, cuya posición depende de las posiciones relativas del Sol y de la Luna en un instante dado. Durante los periodos de Luna nueva y llena, cuando el Sol, la Luna y la Tierra están alineados, las ondas solar y lunar coinciden.

Cuando la atracción del Sol se suma a la de la Luna las mareas son grandes y las llamamos mareas vivas. Las alturas de las mareas vivas están regidas por la distancia de la Luna a la Tierra, siendo más grandes en el Perigeo, es decir, cuando la Luna está más cerca de la Tierra, y más pequeñas en el Apogeo, es decir, cuando la Luna se encuentra mas lejos de la Tierra .

Si observamos un día completo las oscilaciones del mar podemos determinar:

- Que el nivel sube (Creciente) hasta llegar a un máximo llamado Pleamar (PM) o “llena”. Luego se mantiene estacionario por cierto periodo de tiempo, llamándose Marea Parada.
- Luego comienza a bajar (Vaciante), hasta un mínimo, llamado Bajamar (BM) o “seca” produciéndose otro periodo estacionario y posteriormente este ciclo se repite.

Existe otro factor a considerar en cuanto a las mareas. La altura de la marea en cualquier lugar, está determinada por la forma de la línea de la costa y la plataforma continental cercana, es decir la forma de su suelo. La presencia de terrenos inclinados y bahías le da mucho más rango a las mareas que lo que se ve en altamar. Un fenómeno generalmente desapercibido es que el aire y las masas sólidas de la Tierra también se mueven hacia arriba y hacia abajo debido a las fuerzas de mareas. Aunque el movimiento es mucho menor en el terreno que en el mar, puede llegar a ser de un metro de desplazamiento hacia arriba, es decir, verticalmente.

### **Mareas Vivas y Muertas**

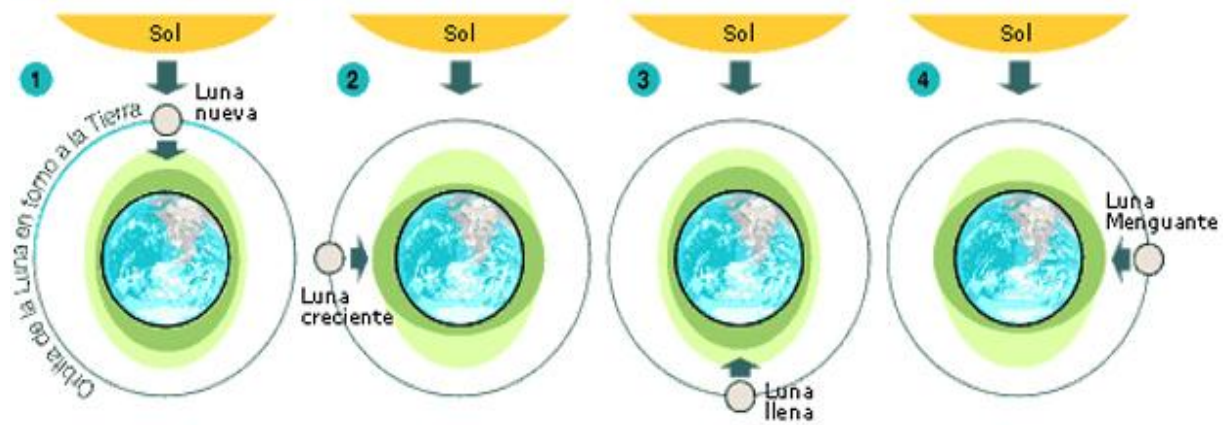
Aparte de los ciclos de las mareas que se producen en cada día lunar, existe otro que ocurre cada 28 días: el de las mareas muertas y las vivas, relacionado con las fases lunares (nueva, creciente, llena y menguante).

Las mareas vivas o altas suceden cuando la Tierra, la Luna y el Sol están ubicados en un mismo plano en línea recta y durante las fases de la Luna nueva y llena. En estas ocasiones el mar sube y baja mucho.

Las mareas muertas o bajas aparecen cuando el Sol y la Luna tienen sus campos gravitatorios en oposición, formando un ángulo recto entre ellos y la Tierra. Se dan una semana después de las vivas, cuando la Luna está en cuarto creciente o menguante, momentos en los cuales el mar sube y baja poco.



## Esquema de las mareas



**1 y 3:** Cuando la Luna y el Sol están alineados (luna llena y luna nueva), se producen las mayores diferencias de mareas.

**2 y 4:** Cuando la Luna y el Sol están en ángulo recto (lunas crecientes y menguante), se producen las menores diferencias de mareas.