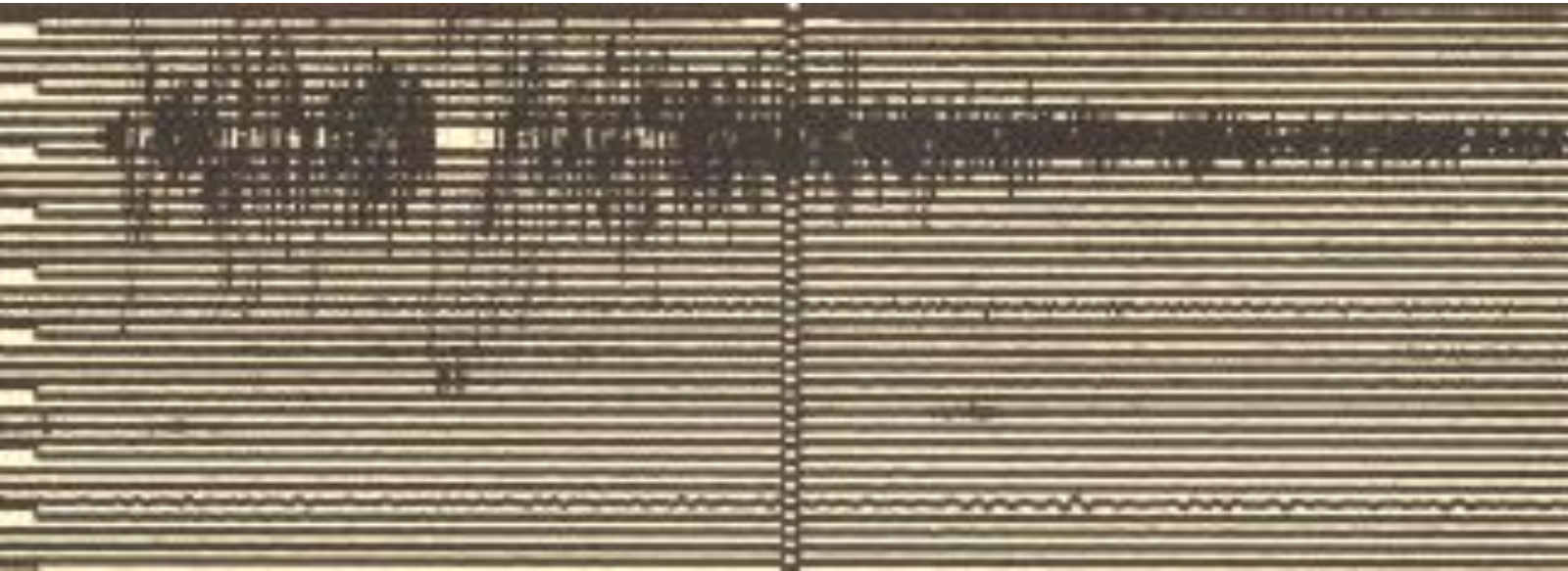


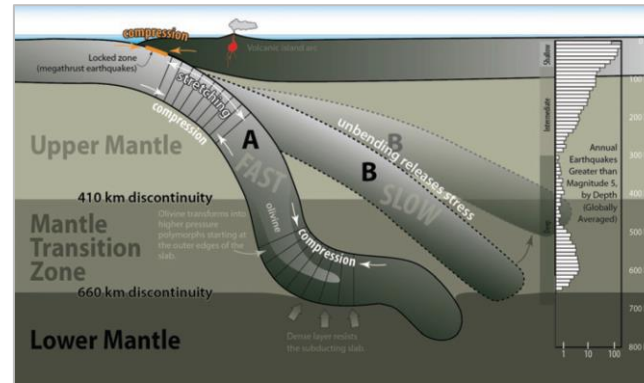
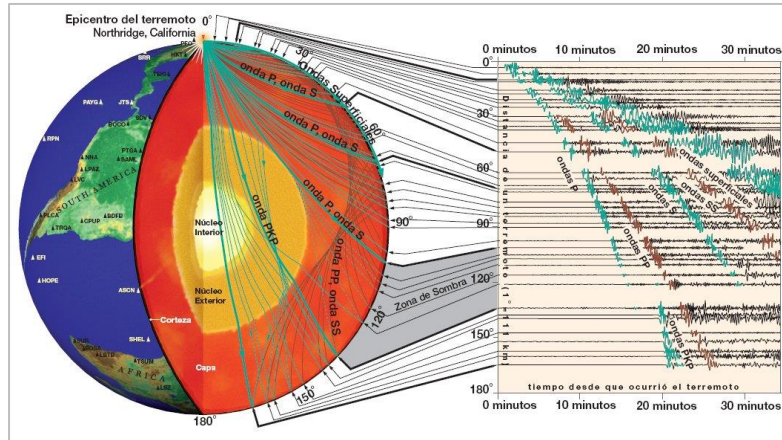
# Sismología



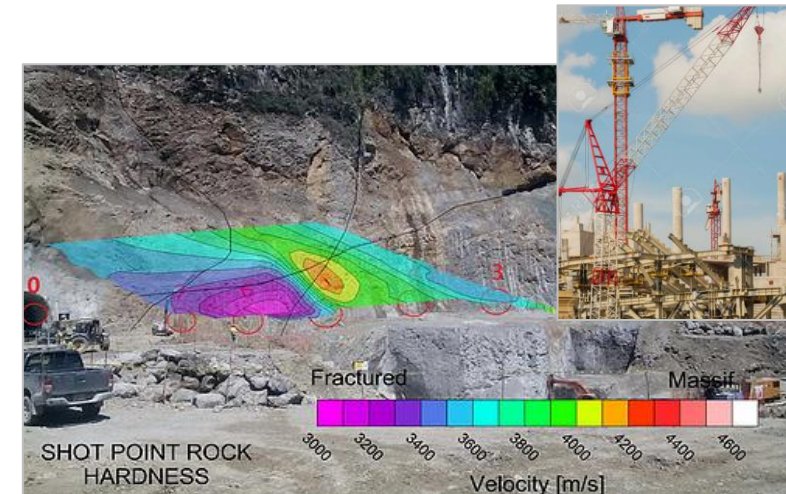
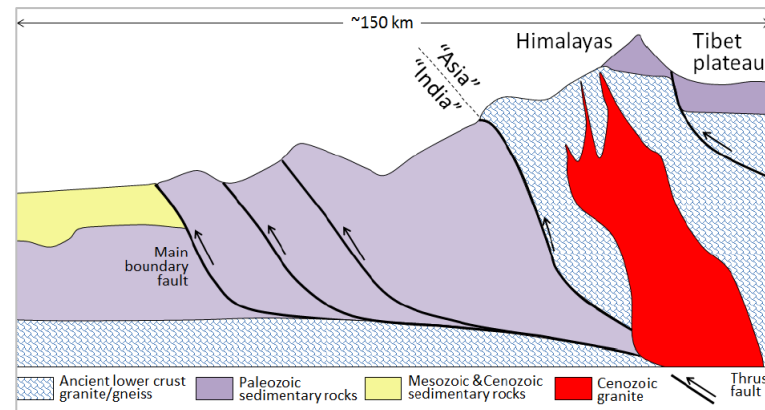
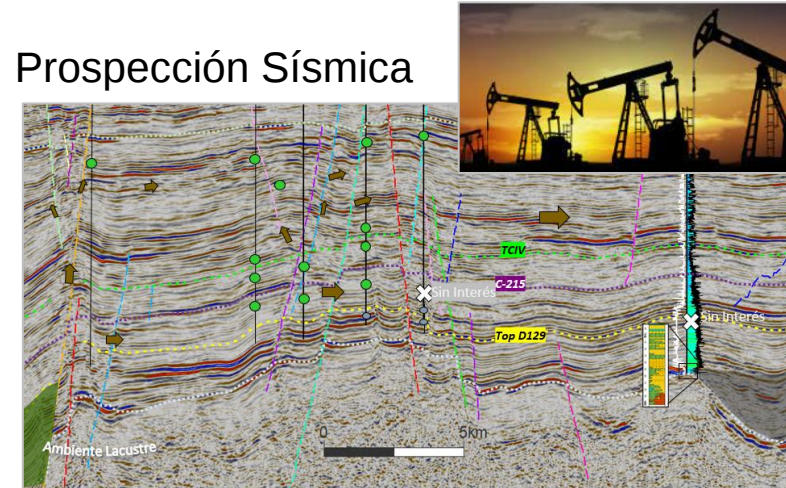
# Introducción: Sismología

del griego *σεισμός* (seismós) que significa "sismo" y *λογία* (logía), "estudio de"

La sismología es la ciencia que estudia los terremotos y los fenómenos asociados con ellos.



## Prospección Sísmica



# Introducción:

En esta unidad vamos a revisar los principios físicos elementales en los que se basan la sismología y métodos sísmicos para poder responder las siguientes preguntas..

¿Qué son y Como se originan las ondas sísmicas ?

¿Qué leyes físicas las gobiernan?

¿Cómo se propagan por el interior de la tierra ?

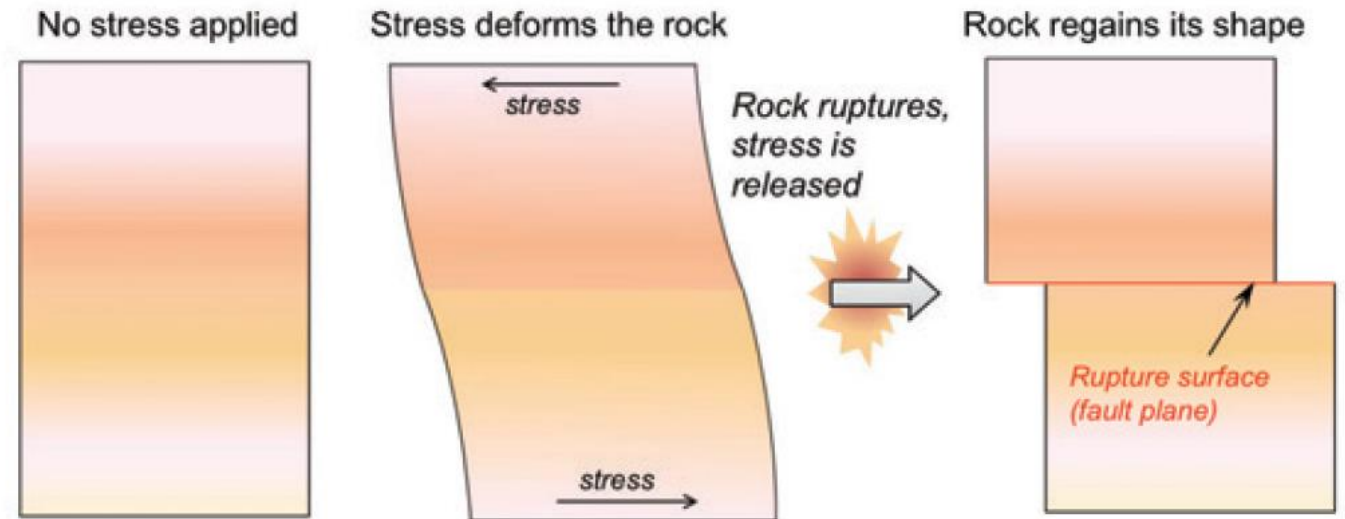
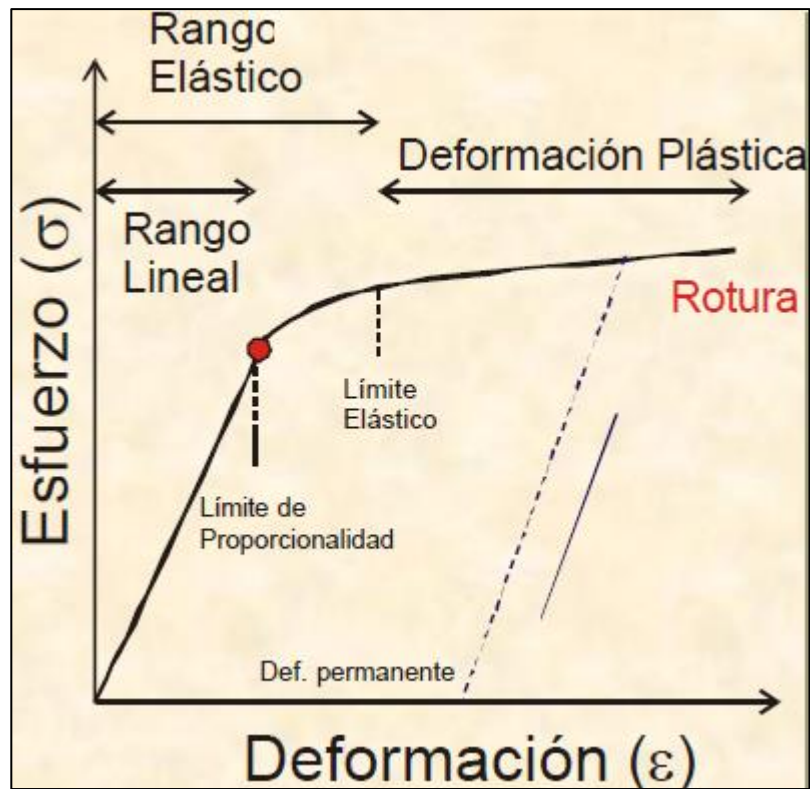
¿Qué pasa con su Energía durante su propagación?

¿Qué pasa con el medio? ¿Cómo lo caracterizamos?



# Introducción: Medio

Un cuerpo sujeto a esfuerzo sufre un cambio de forma y/o tamaño denominado **deformación**. Hasta un cierto límite de esfuerzo, conocido como resistencia elástica de un material la deformación se relaciona de un modo lineal con el esfuerzo aplicado y se denomina **elástica** (Ley de Hooke)



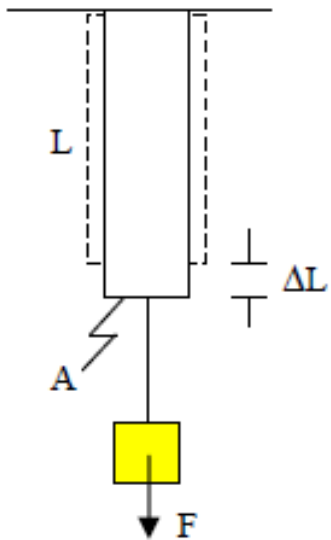
$$F = k \cdot x$$

$$\sigma_{ij} = \sum_{k,l} C_{ijkl} \epsilon_{kl}$$

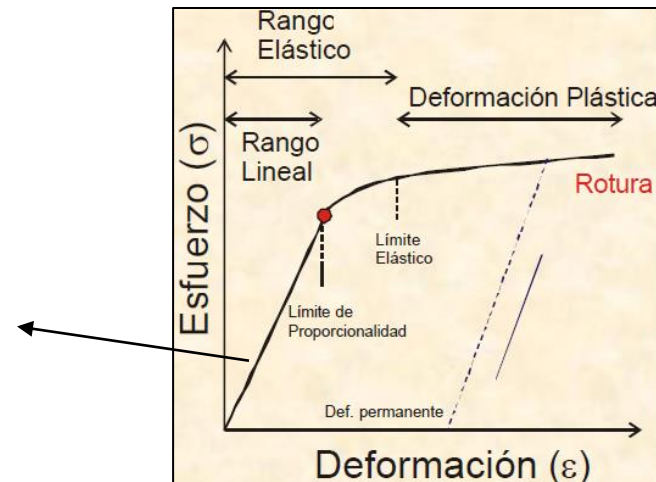
# Caracterización del Medio: Módulos Elásticos

Se denomina **Modulos elásticos** a la relación lineal entre el esfuerzo y la deformación en el campo elástico es específica para cada material y expresan la razón entre un tipo de esfuerzo particular con la deformación resultante.

**Módulo de Young (E):** Está asociado directamente con los cambios de longitud que experimenta un cable, un alambre, una varilla, etc. cuando está sometido a la acción de esfuerzos de tracción o de compresión. Por esa razón se le llama también **módulo elástico longitudinal**



$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F/S}{\Delta L/L},$$



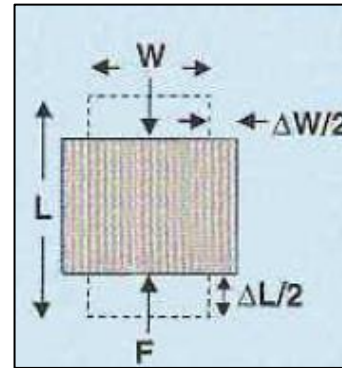
# Caracterización del Medio: Módulos Elásticos

El **coeficiente de Poisson** ( $\nu$ ) es un parámetro característico de cada material **que indica** la relación entre las deformaciones longitudinales que sufre el material en sentido perpendicular a la fuerza aplicada y las deformaciones longitudinales en dirección de la fuerza aplicada sobre el mismo.

$$\nu = - \frac{\epsilon_{\text{trans}}}{\epsilon_{\text{long}}}$$

Donde  $\epsilon$  es la deformación

$$\nu = - \frac{(\Delta W / W_0)}{(\Delta L / L_0)}$$



| MATERIAL               | E (GPa)     | $\nu$      |
|------------------------|-------------|------------|
| Aleaciones de aluminio | 68 – 73     | 0,33       |
| Asbesto-cemento        | 24          |            |
| Bronce                 | 78 – 110    | 0,36       |
| Fierro fundido         | 80 – 170    | 0,25       |
| Concreto               | 14 – 30     | 0,1 – 0,15 |
| Cobre                  | 107 – 131   | 0,34       |
| Vidrio                 | 46 – 73     | 0,24       |
| Plomo                  | 4,8 – 17    | 0,44       |
| Acero                  | 200 – 212   | 0,27       |
| Plásticos              |             |            |
| ABS                    | 1,7         | 0,33       |
| Nylon                  | 1,4 – 2,75  |            |
| Acrílico               | 6,0         | 0,33       |
| Polietileno            | 0,8         | 0,46       |
| Polistireno            | 5,0         | 0,4        |
| PVC rígido             | 2,4 – 2,75  |            |
| Rocas                  |             |            |
| Granito                | 50          | 0,28       |
| Limestone              | 55          | 0,21       |
| Cuarzita               | 24,0 – 44,8 |            |
| Arenisca               | 2,75 – 4,8  | 0,28       |
| Schist                 | 6,5 – 18,6  |            |

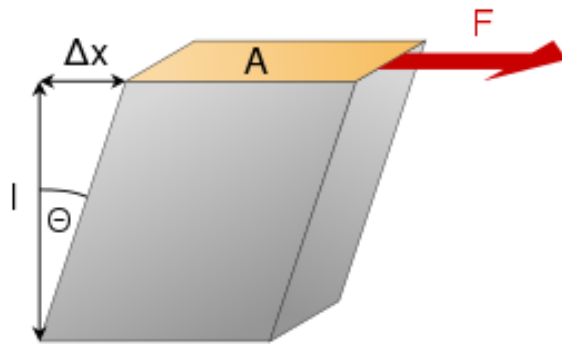
# Caracterización del Medio: Módulos Elásticos

Módulo de Lamé, de corte, cizalla o rigidez (shear modulus) : es una constante elástica que caracteriza el cambio de forma que experimenta un material cuando se aplican esfuerzos de corte.

$$G := \frac{\tau_m}{\Theta} \approx \frac{F/A}{\Delta x/l} = \frac{Fl}{\Delta x A}$$

$\tau_m$ : Tensión cortante

$\Theta$ : Deformación angular

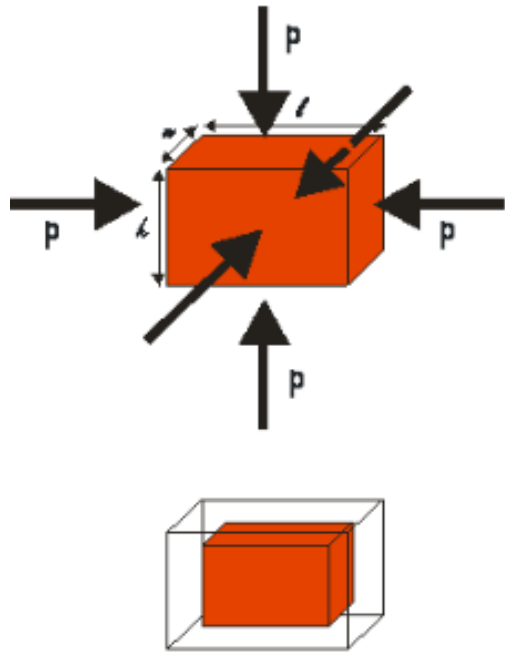


| Metal                  | Módulo de cizalla $G$ en $10^9 \text{ N/m}^2$ |
|------------------------|-----------------------------------------------|
| Cobre estirado en frío | 48.0                                          |
| Aluminio               | 25.0-26.0                                     |
| Acero al carbono       | 8                                             |
| Acero aleado           | 80.0                                          |
| Cinc laminado          | 31.0                                          |
| Latón estirado en frío | 34.0-36.0                                     |
| Latón naval laminado   | 36.0                                          |
| Bronce de aluminio     | 41.0                                          |
| Titanio                | 44.0                                          |
| Níquel                 | 79.0                                          |
| Plata                  | 30.3                                          |



# Caracterización del Medio: Módulos Elásticos

Módulo de Compresibilidad o Volumetrico (K): Está asociado con los cambios de volumen que experimenta un material bajo la acción de esfuerzos (generalmente compresores) que actúan perpendicularmente a su superficie. No implica cambio de forma, tan solo de volumen



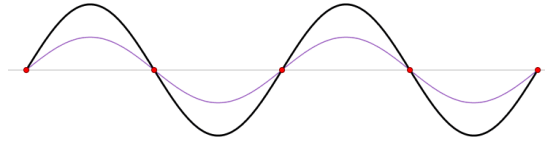
$$K = -\frac{\Delta p}{\Delta V/V} = -V \frac{\Delta p}{\Delta V}$$

$$1 \text{ MPa} = 1\,000\,000 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$$

| Substancia ⇅  | Módulo de compresibilidad ⇅                                           |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Agua          | $2,2 \times 10^9 \text{ Pa}$ (este valor aumenta a mayores presiones) |
| Aire *        | $1,42 \times 10^5 \text{ Pa}$ (módulo de compresibilidad adiabático)  |
| Aire *        | $1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$ (módulo de compresibilidad isotérmico)  |
| Acero         | $160 \times 10^9 \text{ Pa}$                                          |
| Aluminio      | $73 \times 10^9 \text{ Pa}$                                           |
| Bronce        | $88 \times 10^9 \text{ Pa}$                                           |
| Cobre         | $110 \times 10^9 \text{ Pa}$                                          |
| Cristal       | $35 \times 10^9 \text{ a } 55 \times 10^9 \text{ Pa}$                 |
| Diamante      | $442 \times 10^9 \text{ Pa}^1$                                        |
| Goma (caucho) | $4,1 \times 10^9 \text{ Pa}$ (aproximado)                             |
| Helio sólido  | $5 \times 10^7 \text{ Pa}$ (aproximado)                               |

# Introducción: Ondas



En física, **una onda consiste en la propagación de una perturbación de alguna propiedad del espacio**, por ejemplo, tensiones, Campo Electrico, Magnetico, etc, implicando un transporte de energía sin transporte de materia. El espacio perturbado puede contener materia (aire, agua, etc) o no (vacío).

## Clasificación de Ondas

En función del medio en el que se propagan



En función de su dirección



En función del movimiento de sus partículas



En función de su periodicidad



- ❖ Ondas Mecánicas
- ❖ Ondas Electromagnéticas
- ❖ Ondas Gravitacionales

- ❖ Ondas Unidimensionales
- ❖ Ondas bidimensionales
- ❖ Ondas tridimensionales

- ❖ Ondas Longitudinales
- ❖ Ondas transversales

- ❖ Ondas periódicas
- ❖ Ondas no periódicas

# Elementos de una onda

La **ecuación de onda** es un tipo de ecuación diferencial que describe la evolución de una onda armónica simple a lo largo del tiempo.

$$\frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$



$$\nabla^2 \psi(\vec{r}, t) = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}(\vec{r}, t)$$

Es una perturbación que varía tanto con el tiempo como con la distancia y satisface la ecuación de ondas:

$$y(x, t) = A(x, t) \sin(\omega t - kx + \phi),$$

La **amplitud (A)** o altura de una cresta o profundidad de un valle desde la línea de equilibrio

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{Frecuencia (f) o número de oscilaciones de la onda x unidad de tiempo .}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \text{longitud de onda (\lambda) o distancia entre dos crestas o dos valles}$$

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

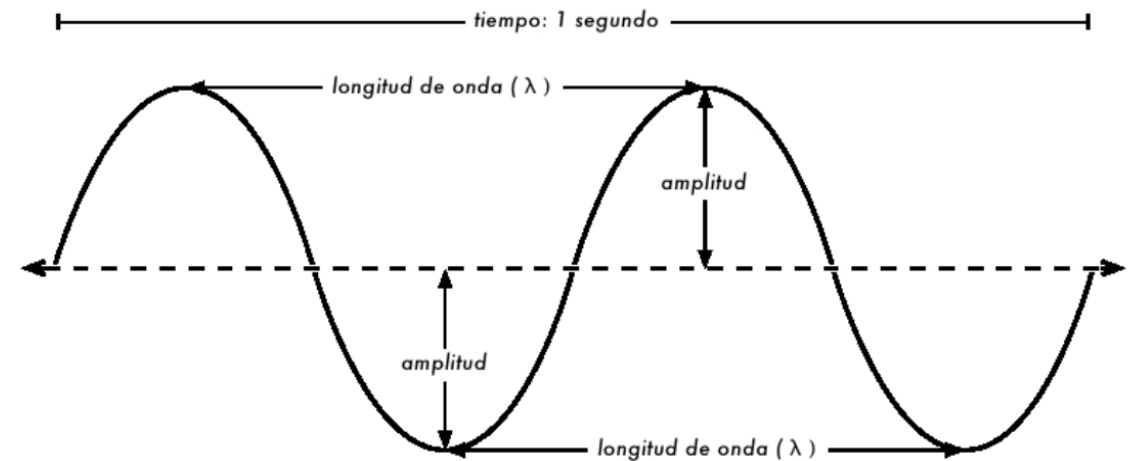
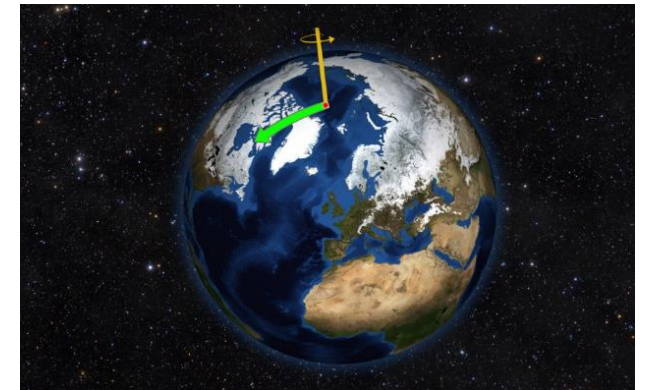
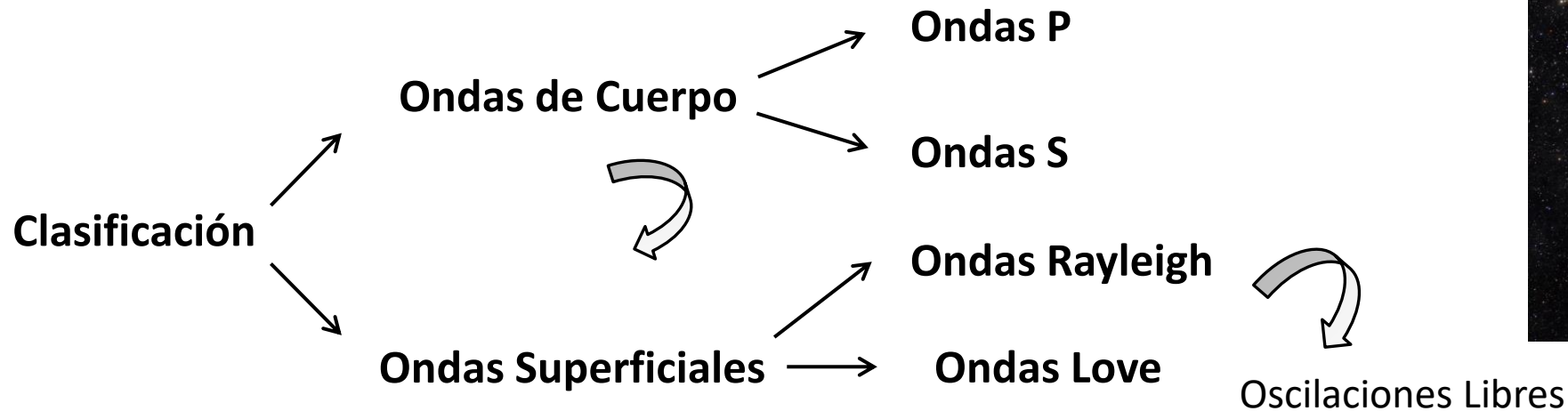
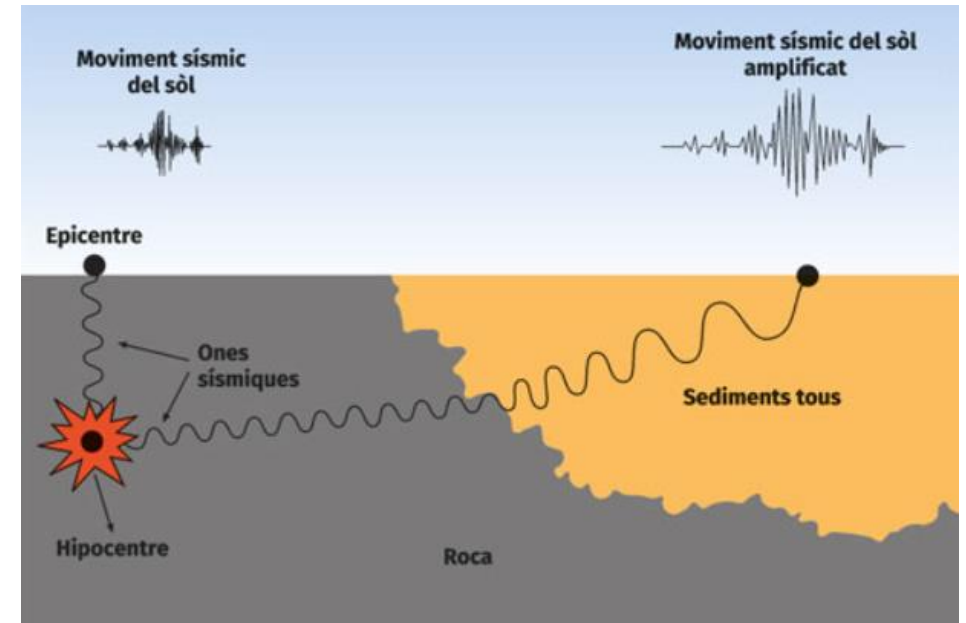


Figura 2.1: Longitud de onda, amplitud, y frecuencia. En este caso la frecuencia es 2 ciclos por segundo, o 2 Hz.

# Ondas Sísmicas

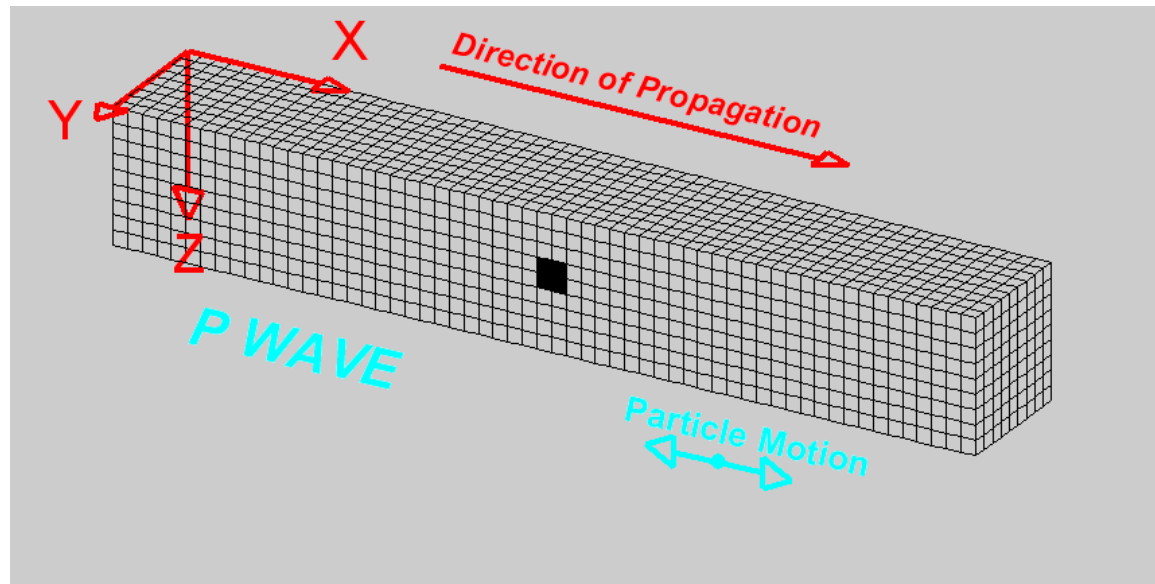
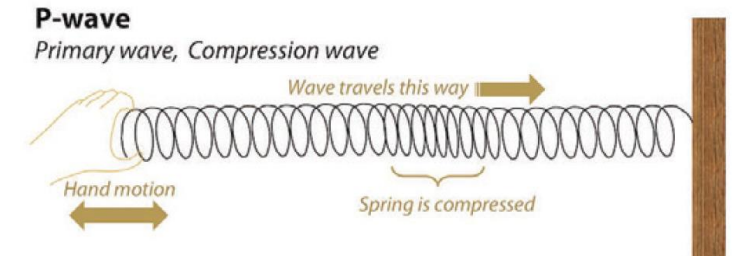
Las ondas sísmicas son parcelas de energía de deformación elástica que se propagan desde una fuente sísmica (como un terremoto o una explosión) hacia fuera.



# Ondas P

La primera clase de ondas de cuerpo son las P, o primarias, que son las más rápidas ondas sísmicas conocidas.

La onda P puede propagarse tanto por sólidos como por fluidos. Estas ondas oscilan en el medio empujando y contrayendo a las rocas



La velocidad de propagación de una onda interna o de volumen e cualquier material viene dada por:

$$V = \sqrt{\frac{\text{modulo elastico apropiado del material}}{\text{densidad del material}}}$$

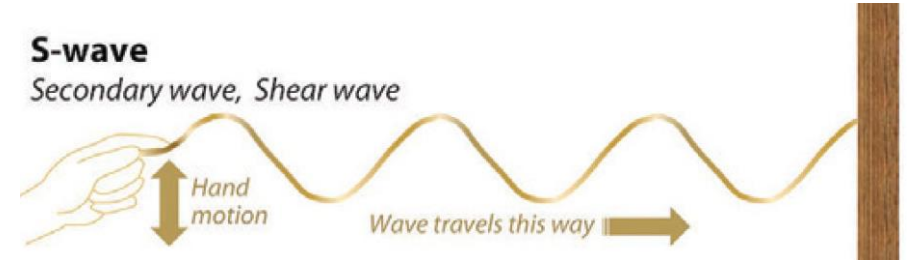
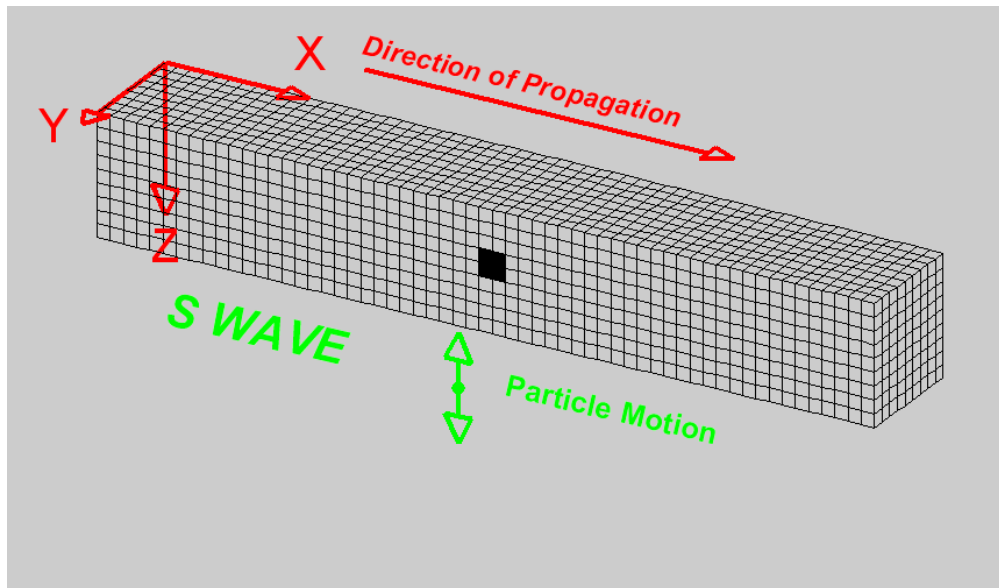
$$V_P = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3} \cdot \mu}{\rho}}$$

# Ondas S

El segundo tipo de onda es también de cuerpo, se llama onda S o secundaria, es la segunda en velocidad de propagación.

Es más lenta que las ondas P, y puede propagarse sólo en cuerpos sólidos, no así por fluidos ya que  $\mu = 0$

Estas ondas mueven la roca de arriba abajo o de lado a lado  $\begin{matrix} \rightarrow & \text{SV} \\ & \searrow & \text{SH} \end{matrix}$

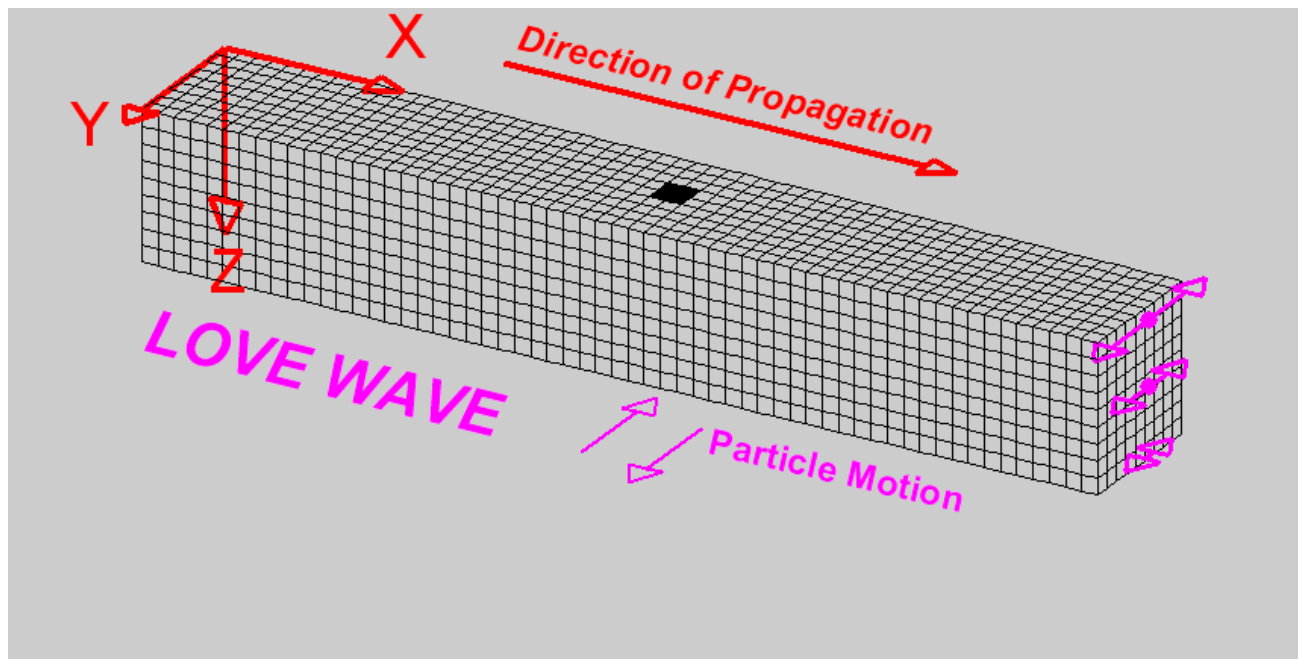


$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

# Ondas Love

El primer tipo de onda superficial es la onda de Love, en honor a A.E.H. Love, que en 1911 la descubrió y fundamentó su matemática.

Es la onda superficial más rápida, y se mueve en la superficie terrestre de lado a lado, provocando los conocidos pérdidas de equilibrio durante los terremotos.



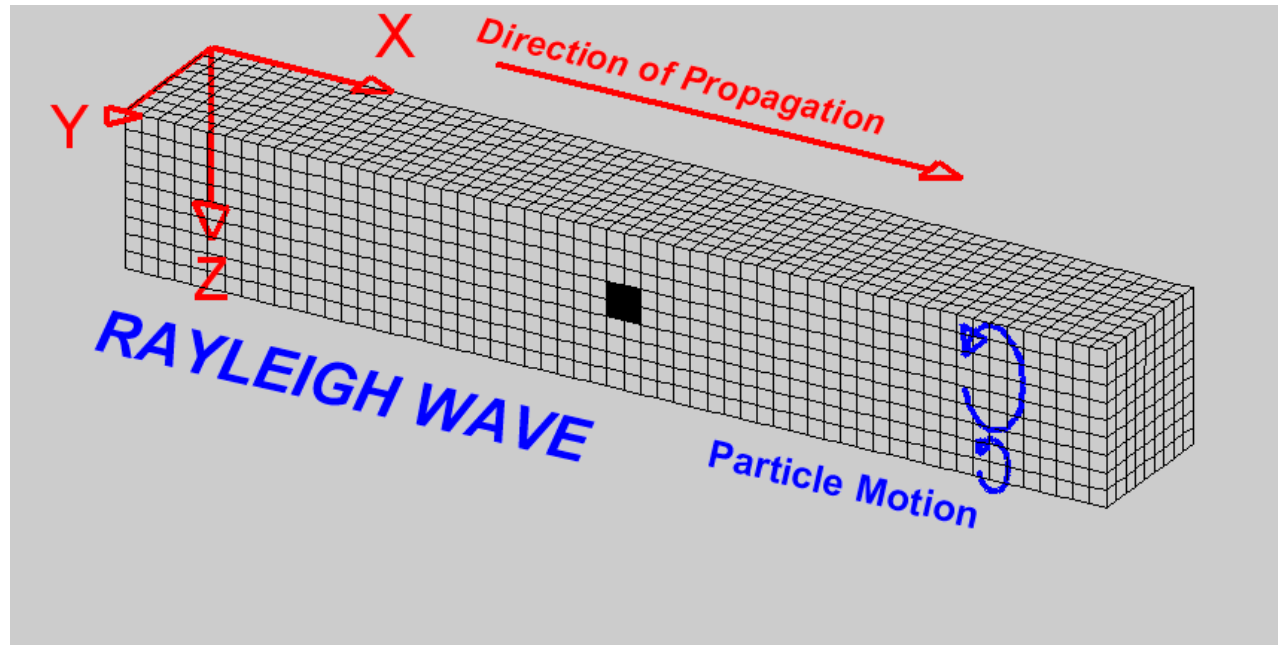
**Surge de la interferencia entre las Ondas SH**

**$V_L = 0,9 V_s$**

# Ondas Rayleigh

Son ondas superficiales, llamadas así en honor a John William Strutt, Lord Rayleigh, matemático que predijo su existencia en 1885.

Se comportan como las olas del mar, con un movimiento elíptico /retrógrado, hacia arriba y abajo y de lado a lado en la misma dirección que el movimiento de la onda.



Surge de la interferencia entre las Ondas P y SV

$$V_R = 0,9 V_s$$

# Velocidad de propagación de ondas compresionales y de corte para distintos materiales:

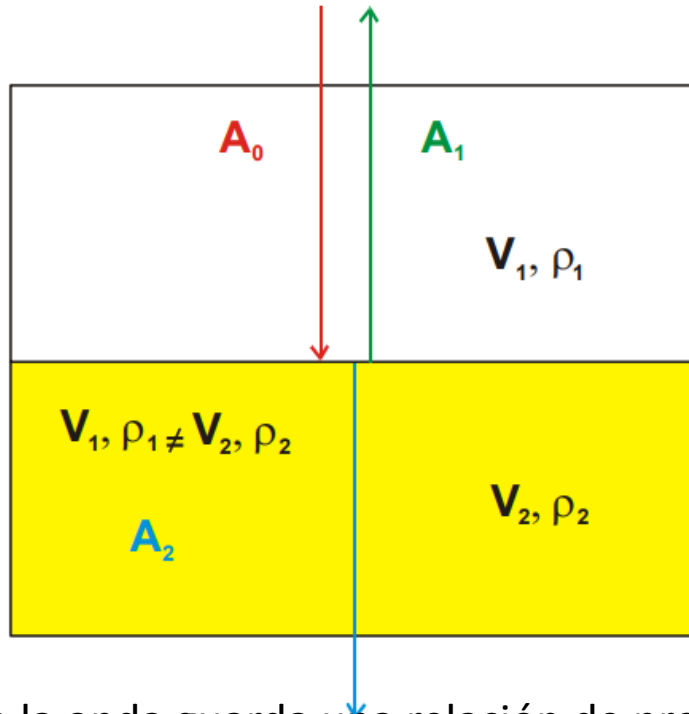
| Material           | P wave Velocity (m/s) | S wave Velocity (m/s) |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| Air                | 332                   |                       |
| Water              | 1400–1500             |                       |
| Petroleum          | 1300–1400             |                       |
| Steel              | 6100                  | 3500                  |
| Concrete           | 3600                  | 2000                  |
| Granite            | 5500–5900             | 2800–3000             |
| Basalt             | 6400                  | 3200                  |
| Sandstone          | 1400–4300             | 700–2800              |
| Limestone          | 5900–6100             | 2800–3000             |
| Sand (Unsaturated) | 200–1000              | 80–400                |
| Sand (Saturated)   | 800–2200              | 320–880               |
| Clay               | 1000–2500             | 400–1000              |

# Impedancia Acústica

La **Impedancia acústica Z** es la dificultad que opone un medio al paso de las ondas sísmicas y resulta del producto entre la velocidad de propagación de la onda y la densidad del medio:  $Z = V \cdot \rho$

$$R = \frac{\rho_2 \cdot v_2 - \rho_1 \cdot v_1}{\rho_2 \cdot v_2 + \rho_1 \cdot v_1} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$$

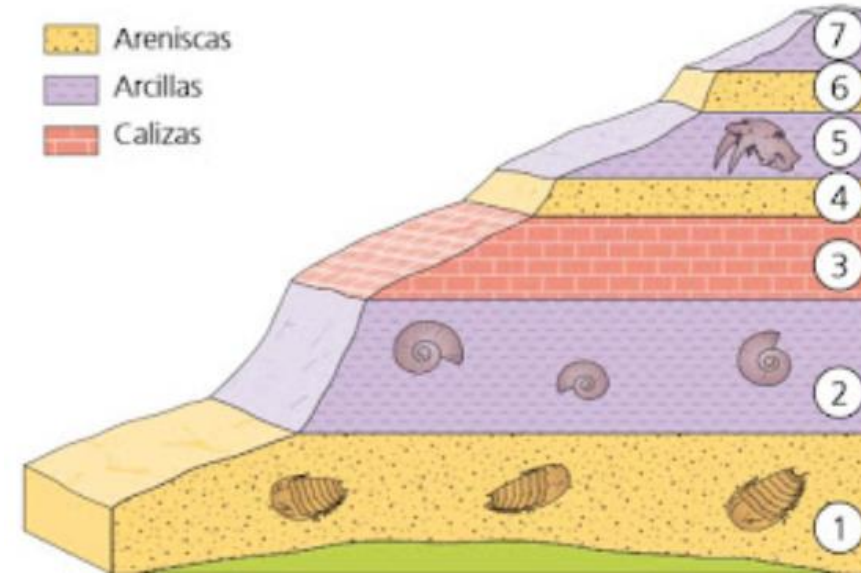
$$T = \frac{2 \cdot Z_1}{Z_2 + Z_1}$$



La amplitud de la onda guarda una relación de proporcionalidad directa pero no es numéricamente igual que la cantidad porcentual de **energía rebotada o transmitida**.

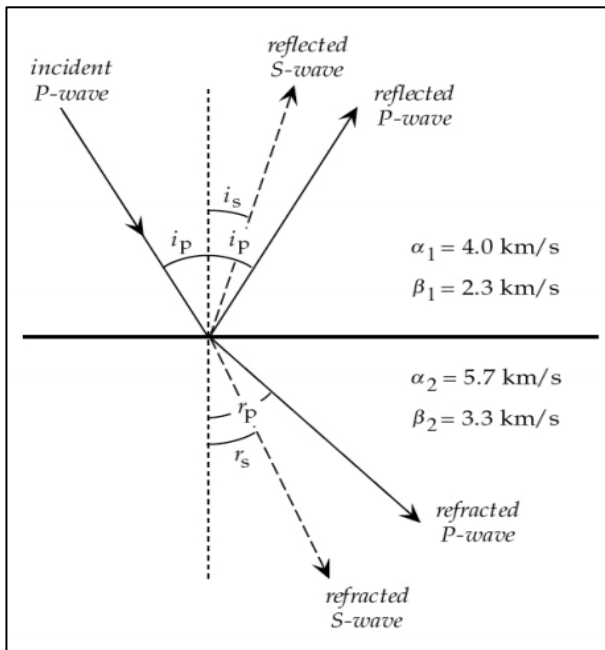
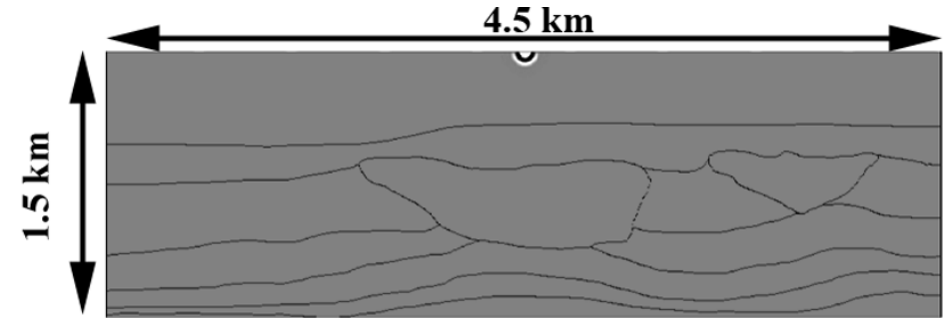
$$R' = \frac{I_1}{I_0} = \left[ \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right]^2$$

$$T' = \frac{I_2}{I_0} = \frac{4 \cdot Z_1 \cdot Z_2}{(Z_2 + Z_1)^2}$$

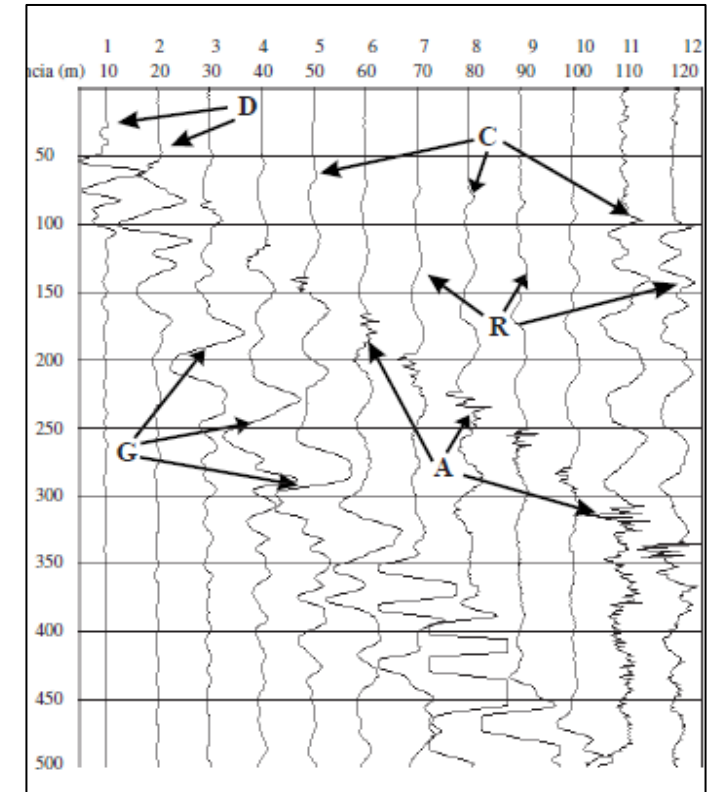


# Leyes que gobiernan la propagación de ondas

**Ley de Snell** : La relación entre los senos de los ángulos incidente (i) y de refracción (r) medidos entre los rayos y la normal es constante entre dos medios e igual a la relación de velocidades de la onda entre uno y otro medio.



$$\frac{\sin i_p}{\alpha_1} = \frac{\sin i_s}{\beta_1} = \frac{\sin r_p}{\alpha_2} = \frac{\sin r_s}{\beta_2}$$



# Leyes que gobiernan la propagación de ondas

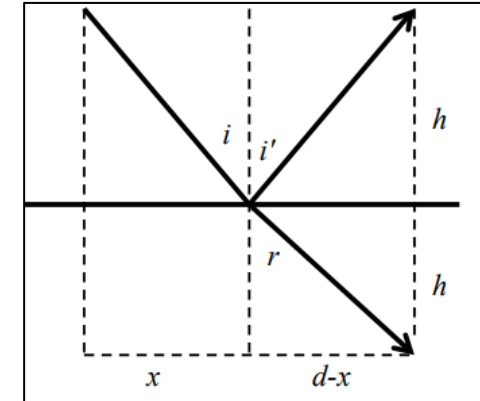
**Principio de Fermat:** El trayecto seguido por una onda al propagarse de un punto a otro es tal que el tiempo empleado en recorrerlo es un mínimo

$$\text{Reflected waves: } t = \left( \sqrt{h^2 + x^2} + \sqrt{h^2 + (d-x)^2} \right) / \alpha_1$$

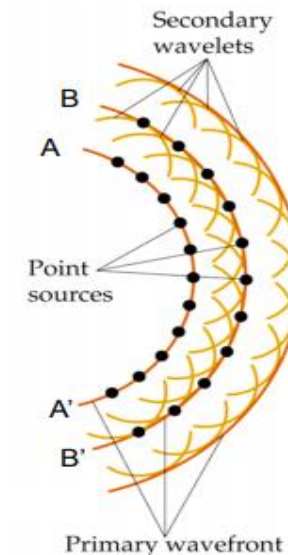
$$\text{Refracted waves: } t = \sqrt{h^2 + x^2} / \alpha_1 + \sqrt{h^2 + (d-x)^2} / \alpha_2$$

Si buscamos el valor de  $x$  cuando el tiempo sea mínimo, Matemáticamente lo alcanzamos cuando  $dt/dx=0$ .

Llegamos a las relaciones propuestas por Snell para la reflexión y refracción

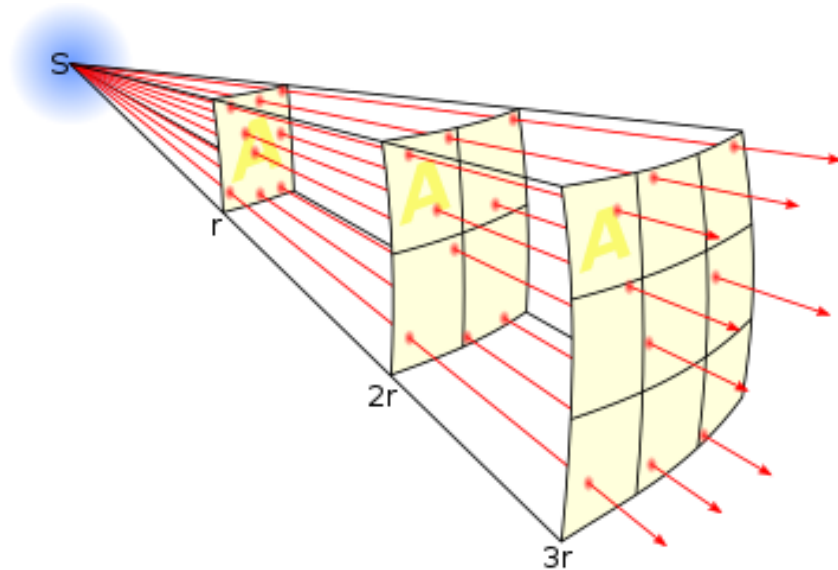


**Principio de Huygens:** Cada punto de un frente de onda primario sirve como foco (o fuente) de ondas esféricas secundarias que avanzan con una velocidad y frecuencia igual a las de la onda primaria. El frente de onda primario al cabo de un cierto tiempo es la envolvente de estas ondas elementales.

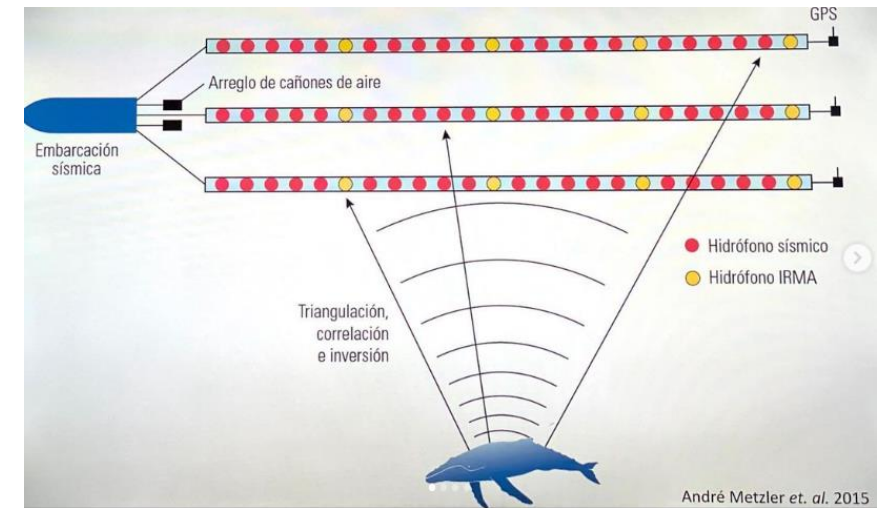
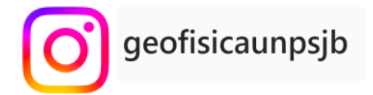


# Factores que afectan la propagación de ondas sísmica

**Divergencia Esférica:** Cuando se propaga un impulso sísmico, la energía original  $E$ , que se transmite hacia el exterior de la fuente, comienza a distribuirse sobre una esfera cuyo radio va aumentando. Si el radio de la esfera es  $r$ , la cantidad de energía contenida dentro de una unidad de área de dicha esfera es:



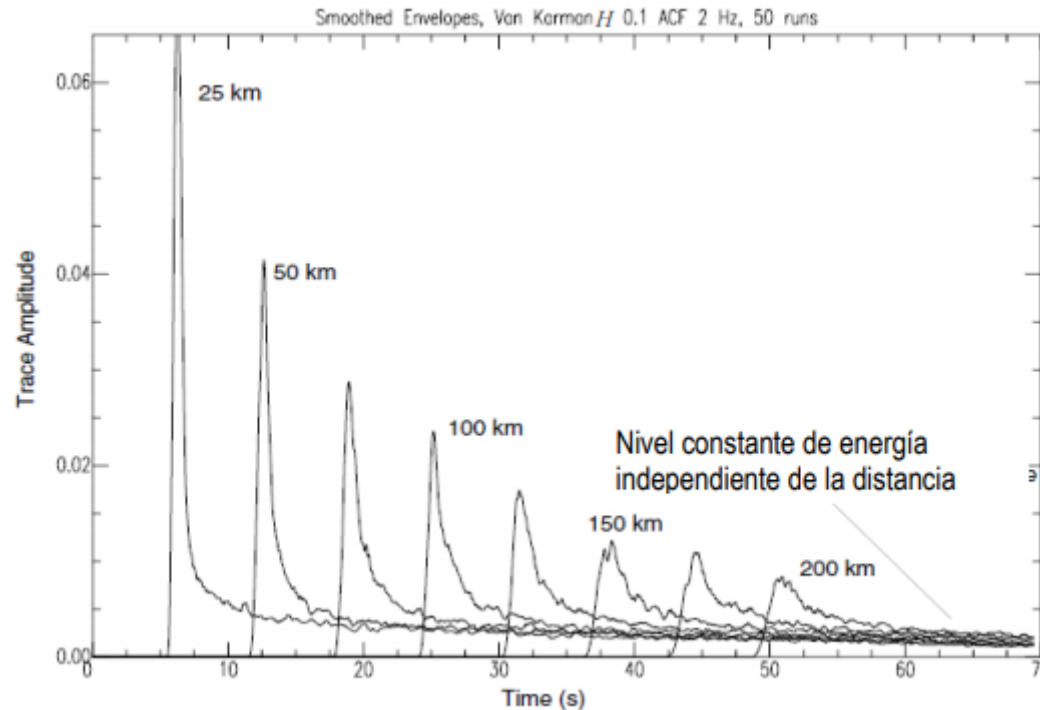
$$\frac{E}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$



Da una superficie cuasiesférica que va creciendo, con una reducción exponencial del cociente energía/área<sup>3D</sup> según  $1/r^2$  para un medio homogéneo.

# Factores que afectan la propagación de ondas sísmica

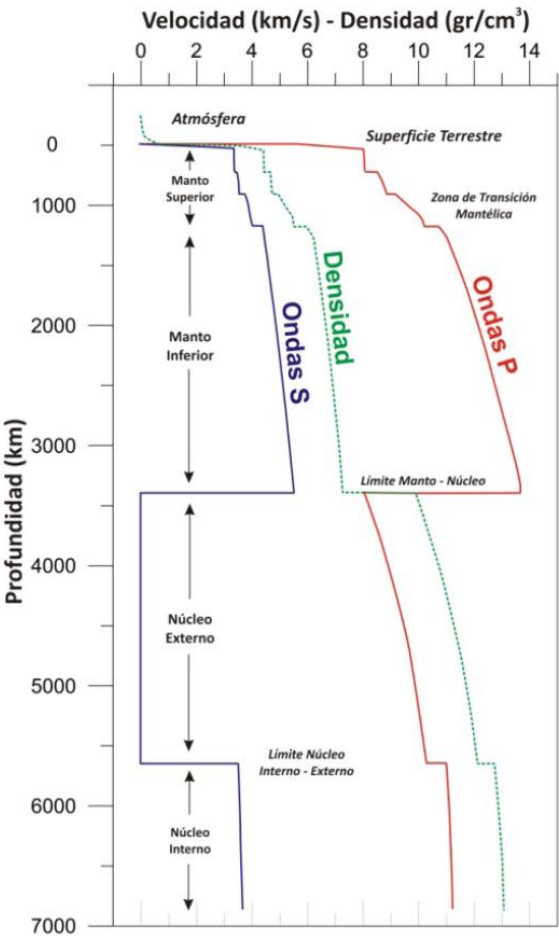
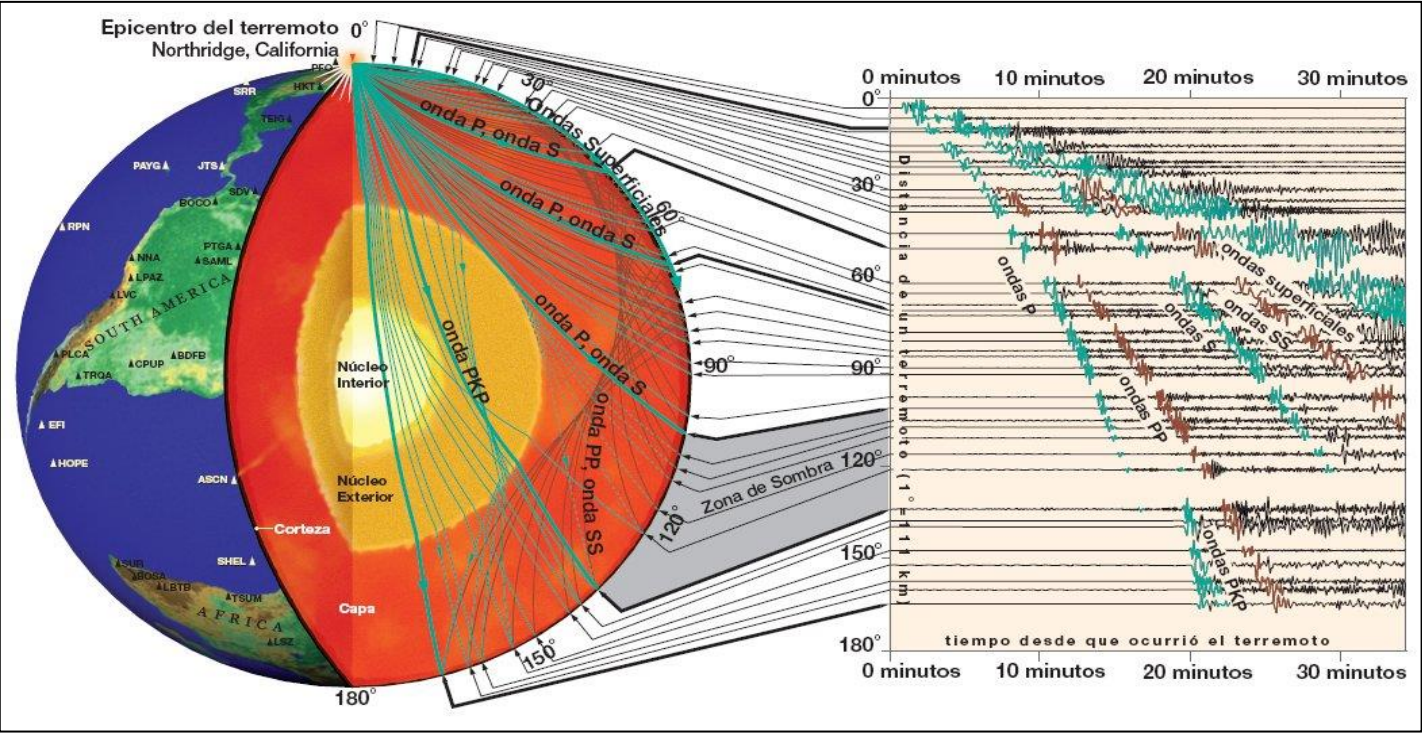
**Absorción o Atenuación inelástica:** es pérdida de energía a lo largo de la trayectoria del rayo se debe a que el medio no es perfectamente elástico en su respuesta de paso de las ondas sísmicas. La energía elástica va siendo gradualmente absorbida por el medio por pérdidas friccionales internas, lo que conduce eventualmente a la total desaparición de la perturbación sísmica



$$A_i = A_o \cdot e^{-q \cdot r}$$

siendo **A<sub>o</sub>** la amplitud o intensidad inicial, r la distancia recorrida y q el coeficiente de absorción, en dB/λ)

# Sismología: El Interior de Nuestro Planeta

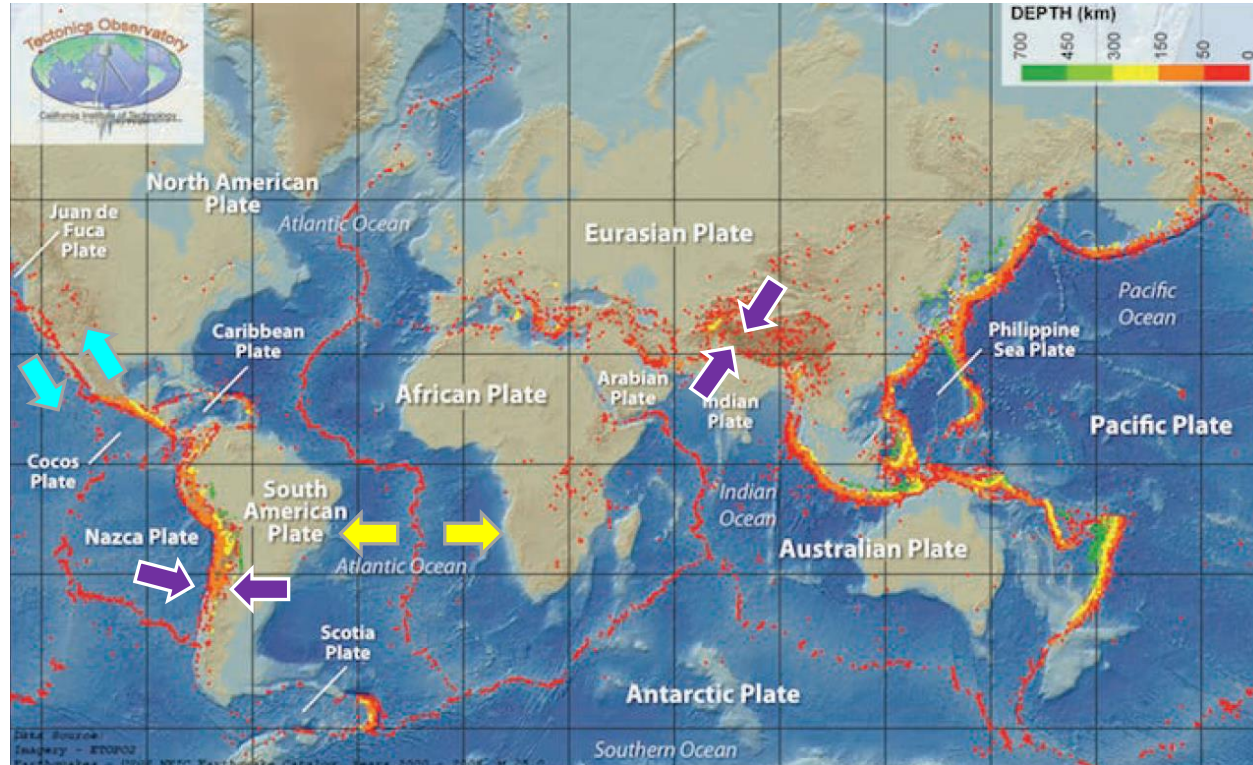


Disc Mohorovicic

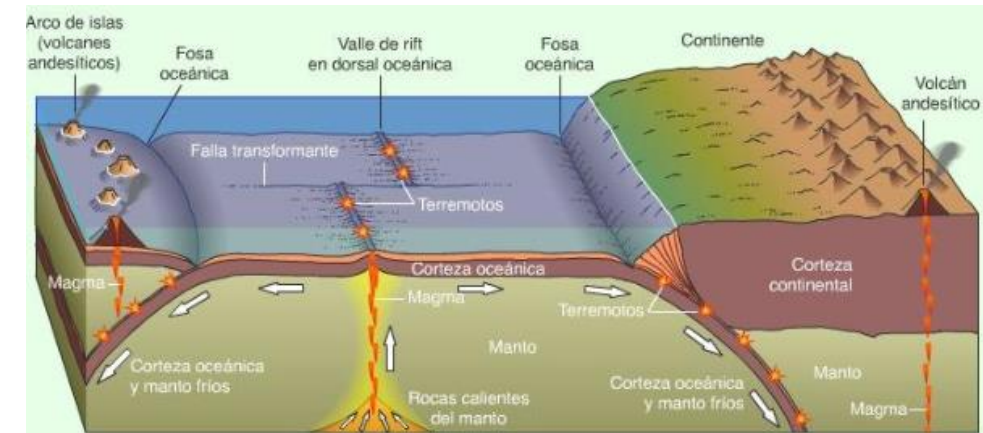
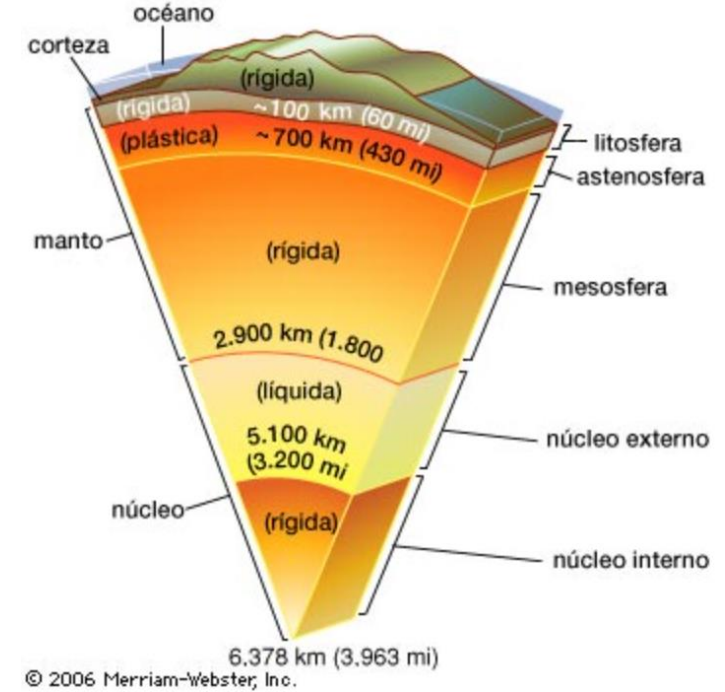
Disc Gutenberg

Disc Leeman

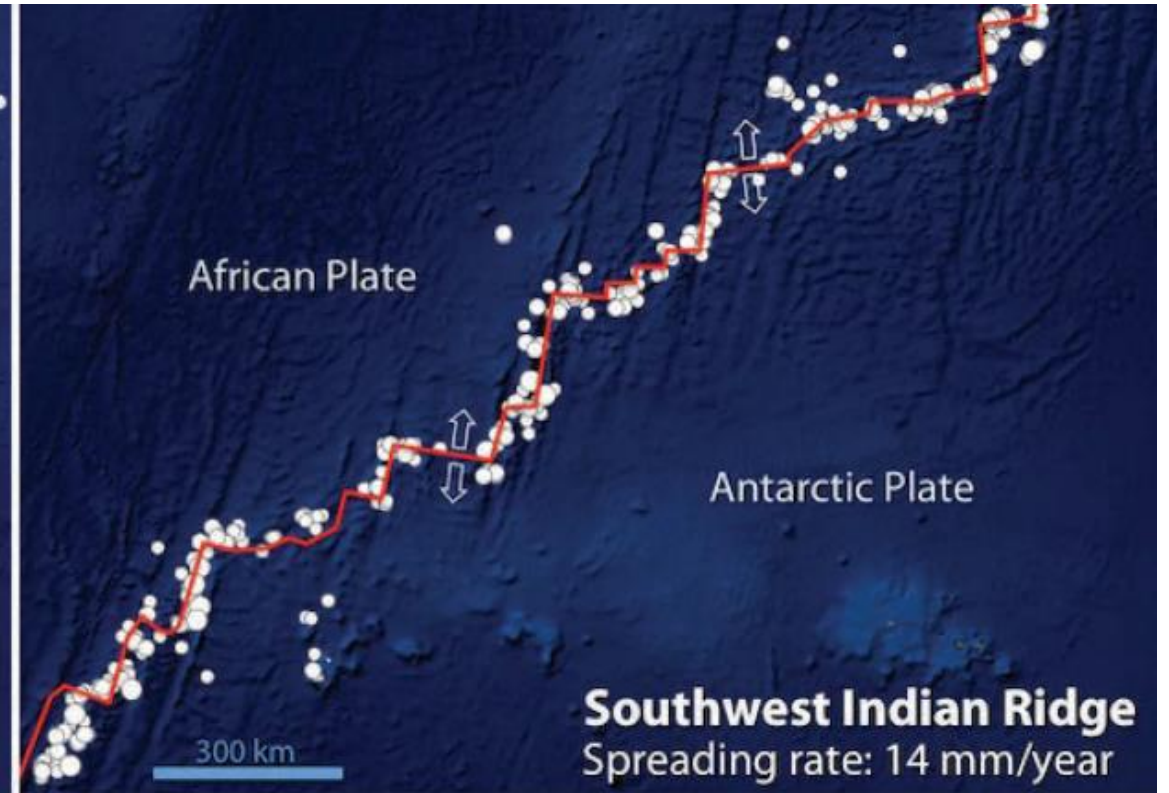
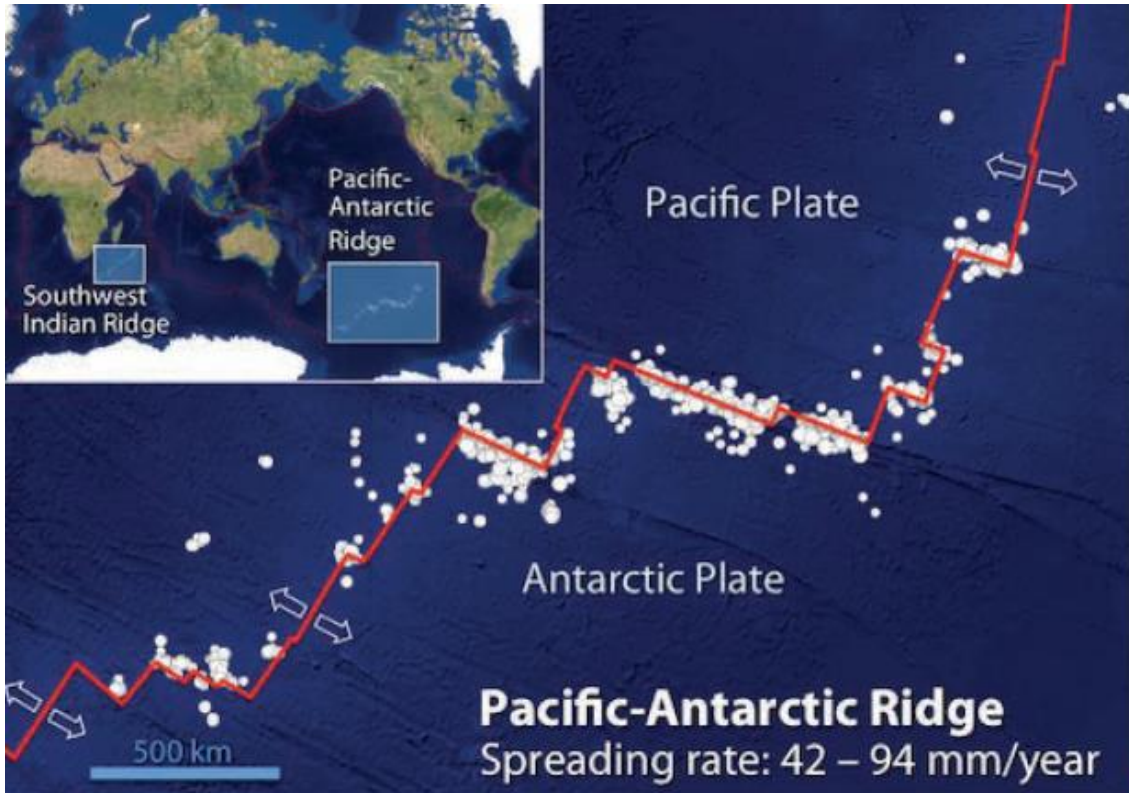
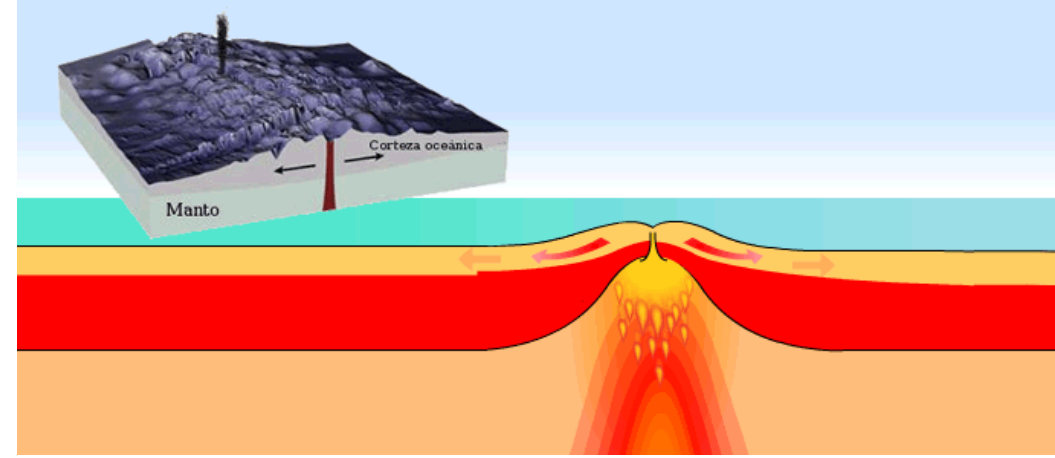
# Sismología: Tectónica de Placas



-  Bordes Convergentes
-  Bordes Divergentes
-  Bordes Transcurrentes

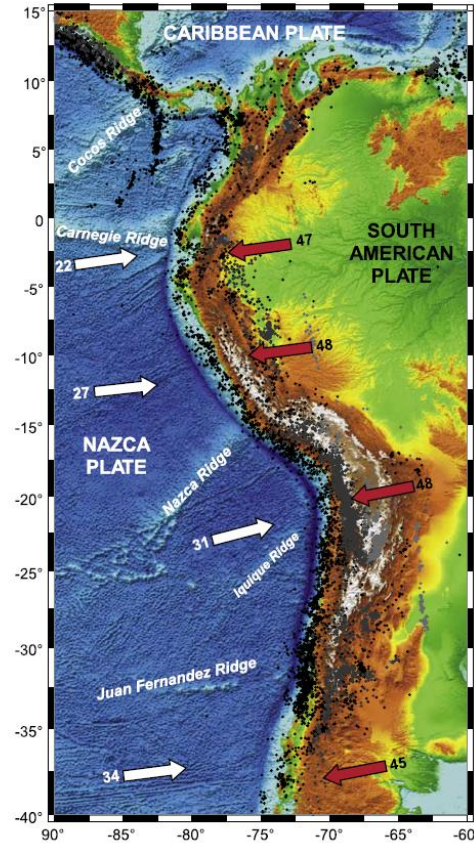


# Sismología: Bordes Divergentes

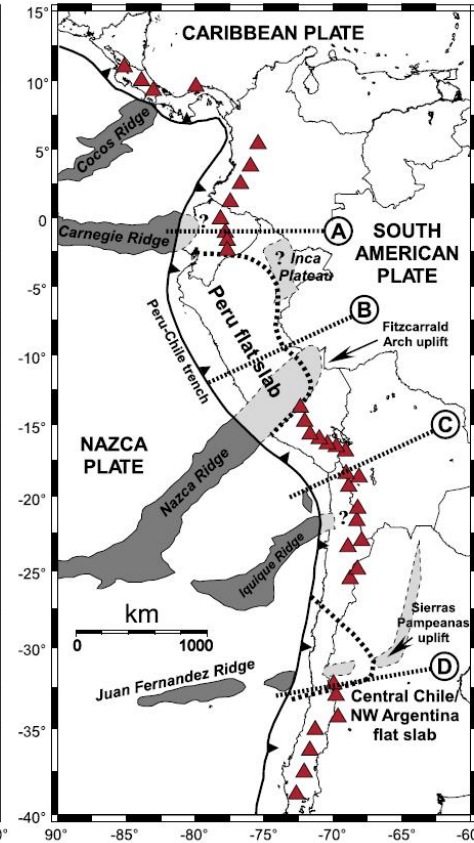


# Sismología: Bordes Convergentes

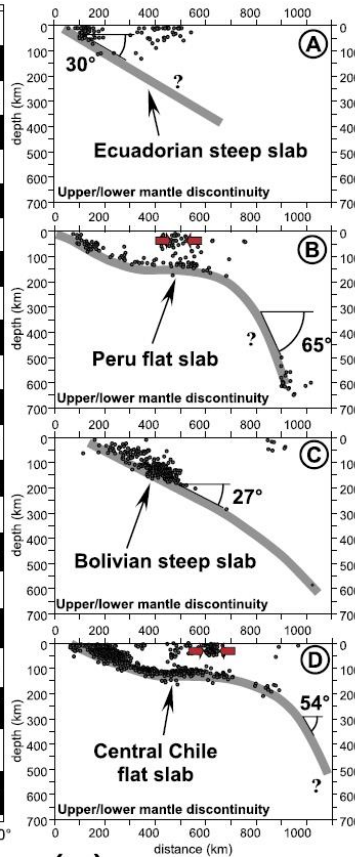
## Zonas de Subducción



(a)



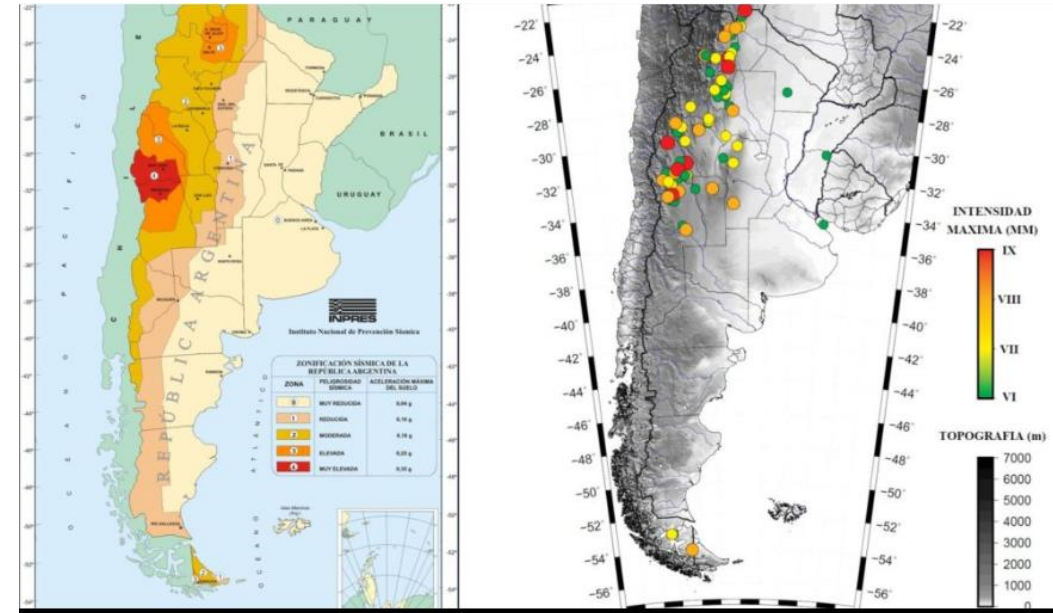
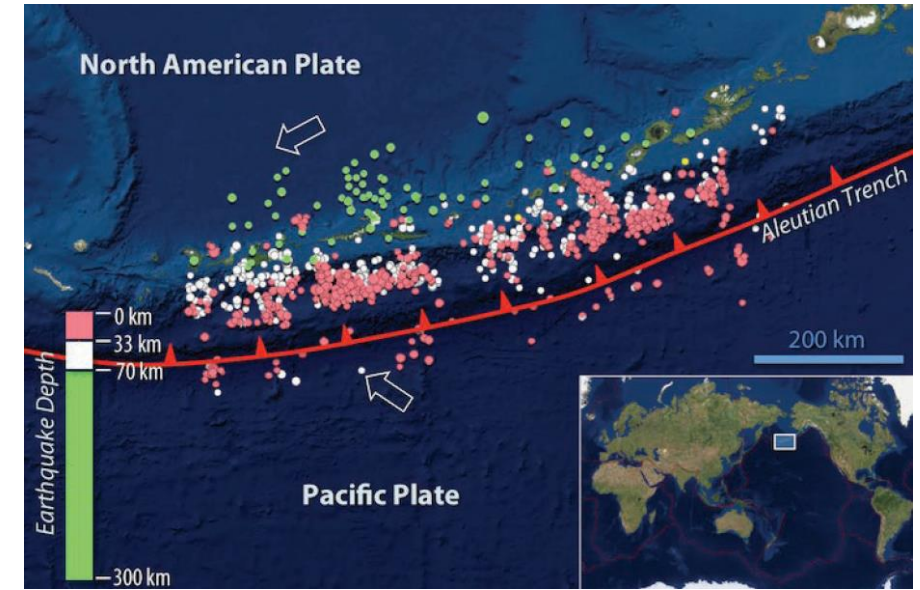
(b)



(c)

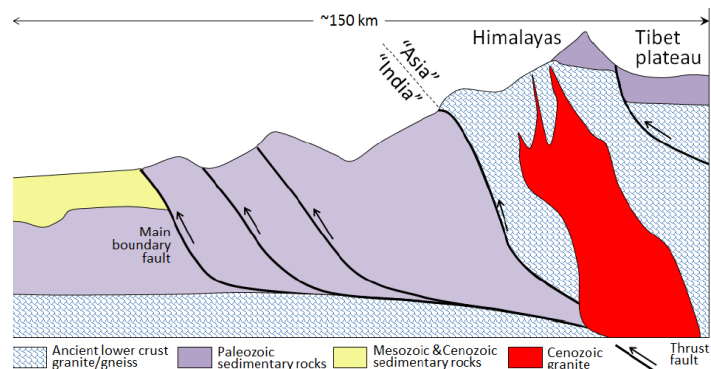
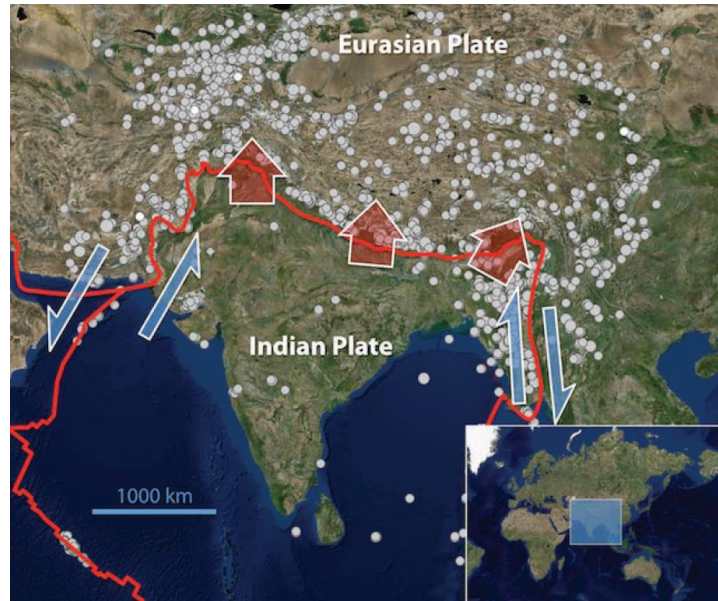
TC3011

ESPUET ET AL.: FLAT SLAB AND UPPER PLATE DEFORMATION

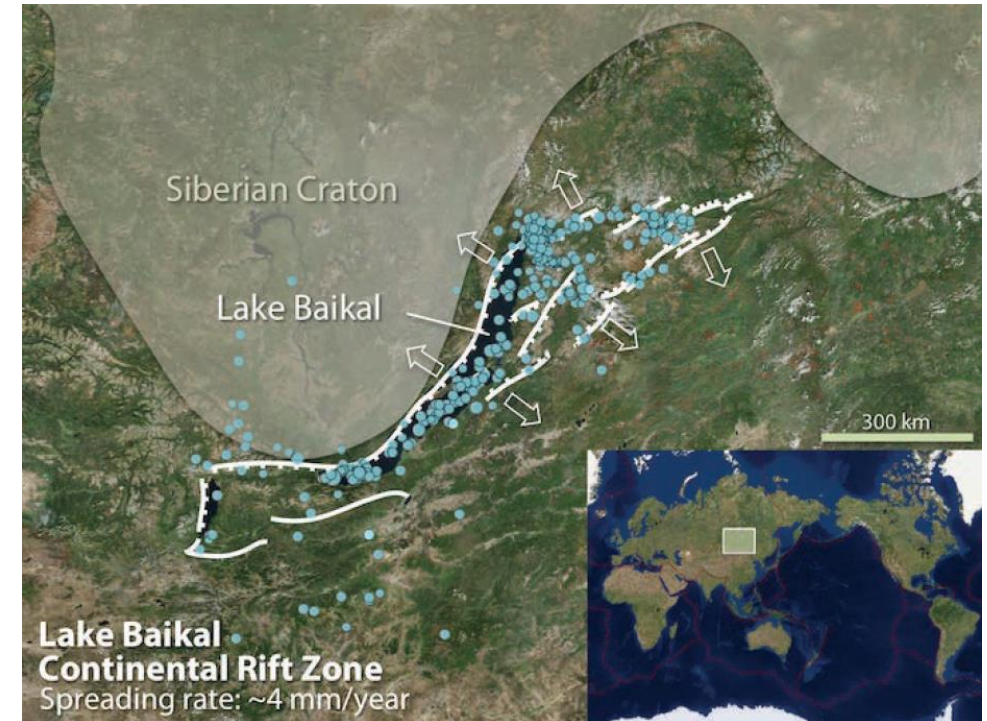


# Sismología: Tectónica de Placas

## Bordes Convergente Continente-Continente



## Intraplaca

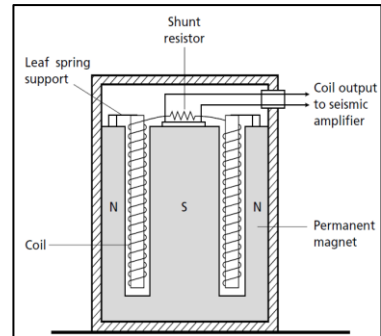
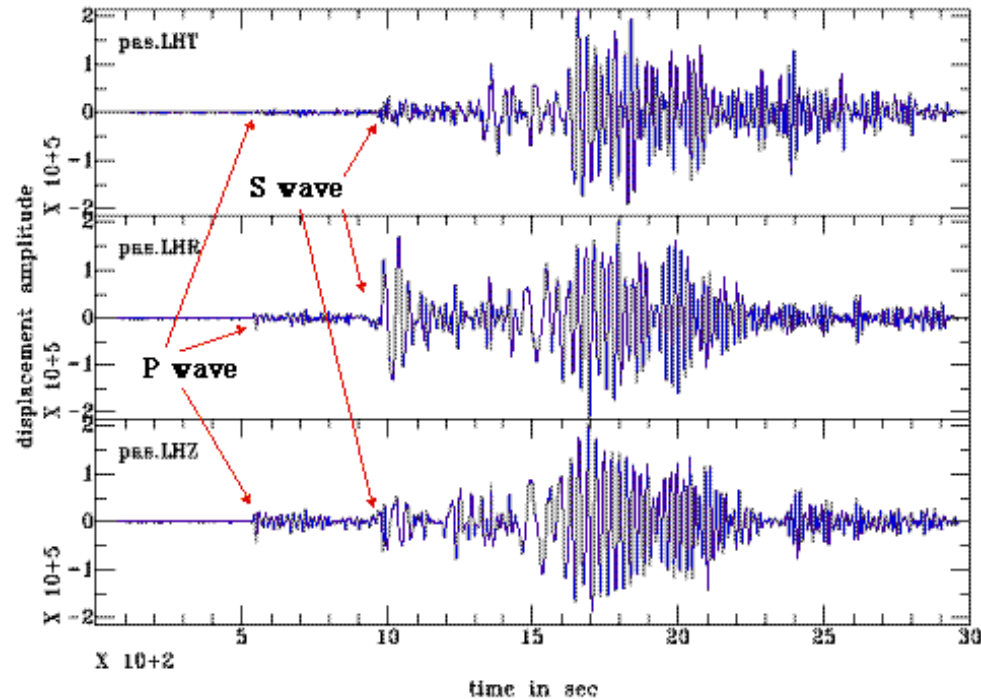
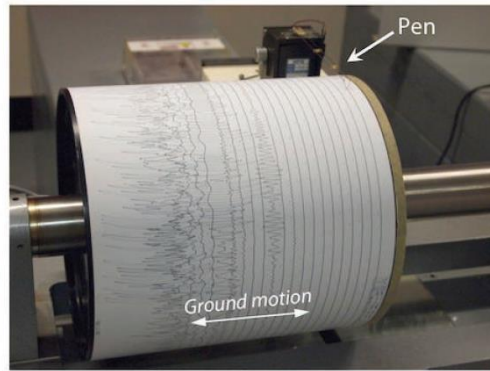
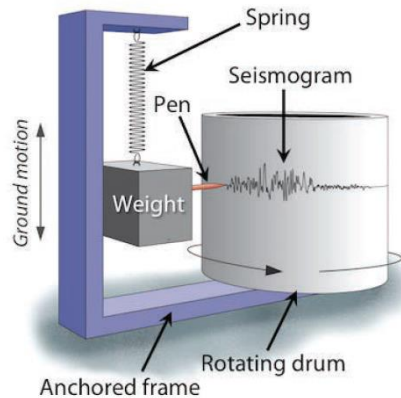
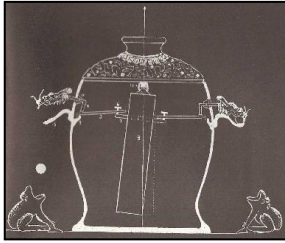


# Medición de las ondas sísmicas generadas por un sismo

**Sismoscopio:** Instrumento que indica la ocurrencia de un terremoto, pero que no lo registra en papel o medio magnético.

**Sismógrafo:** Instrumento que registra en forma permanente y continua el movimiento de la Tierra. El registro se llama **Sismograma**.

**Sismómetro:** Sismógrafo cuyas constantes físicas son conocidas por calibración, de modo que puede calcularse el movimiento del suelo.



$$E = -L \frac{dH}{dt}$$

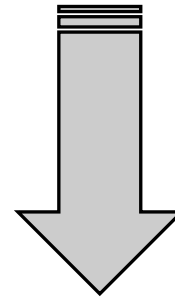
# Escalas de Medición de los Sismos

**Magnitud:** mide la energía liberada en el hipocentro del sismo, que es el lugar donde se produce el choque de las placas o la ruptura de ellas. Esta se mide a partir de los sismogramas.

- Escala de Richter
- Escala de Magnitud de Momento Sísmico

Mientras tanto **la Intensidad** no es una sola, de hecho son varias y se habla de Intensidades, que miden de manera subjetiva la violencia con que se siente un sismo en diversos puntos de la zona afectada.

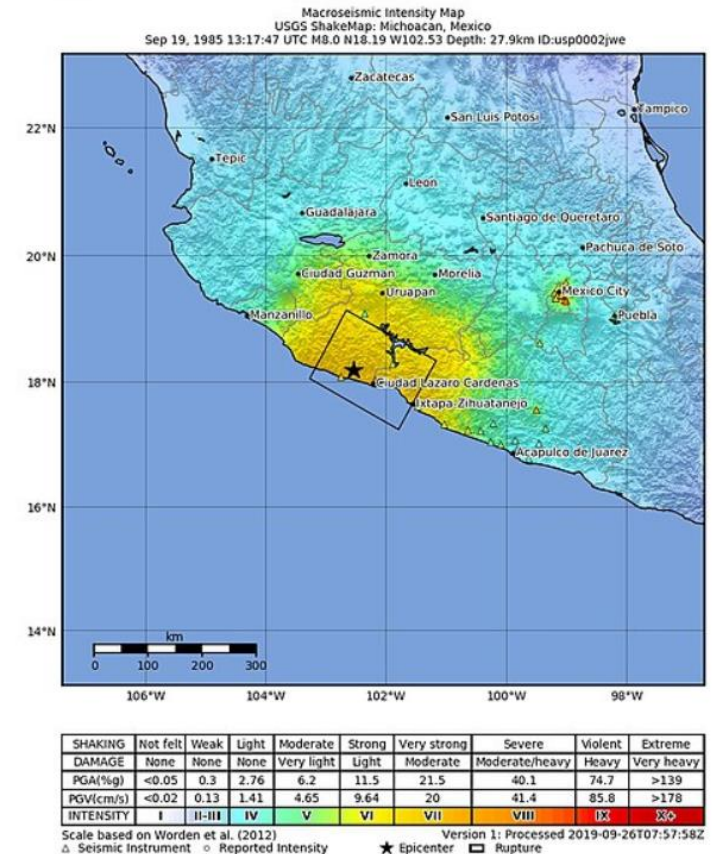
## Mercalli Modificada



# Mercalli Modificada

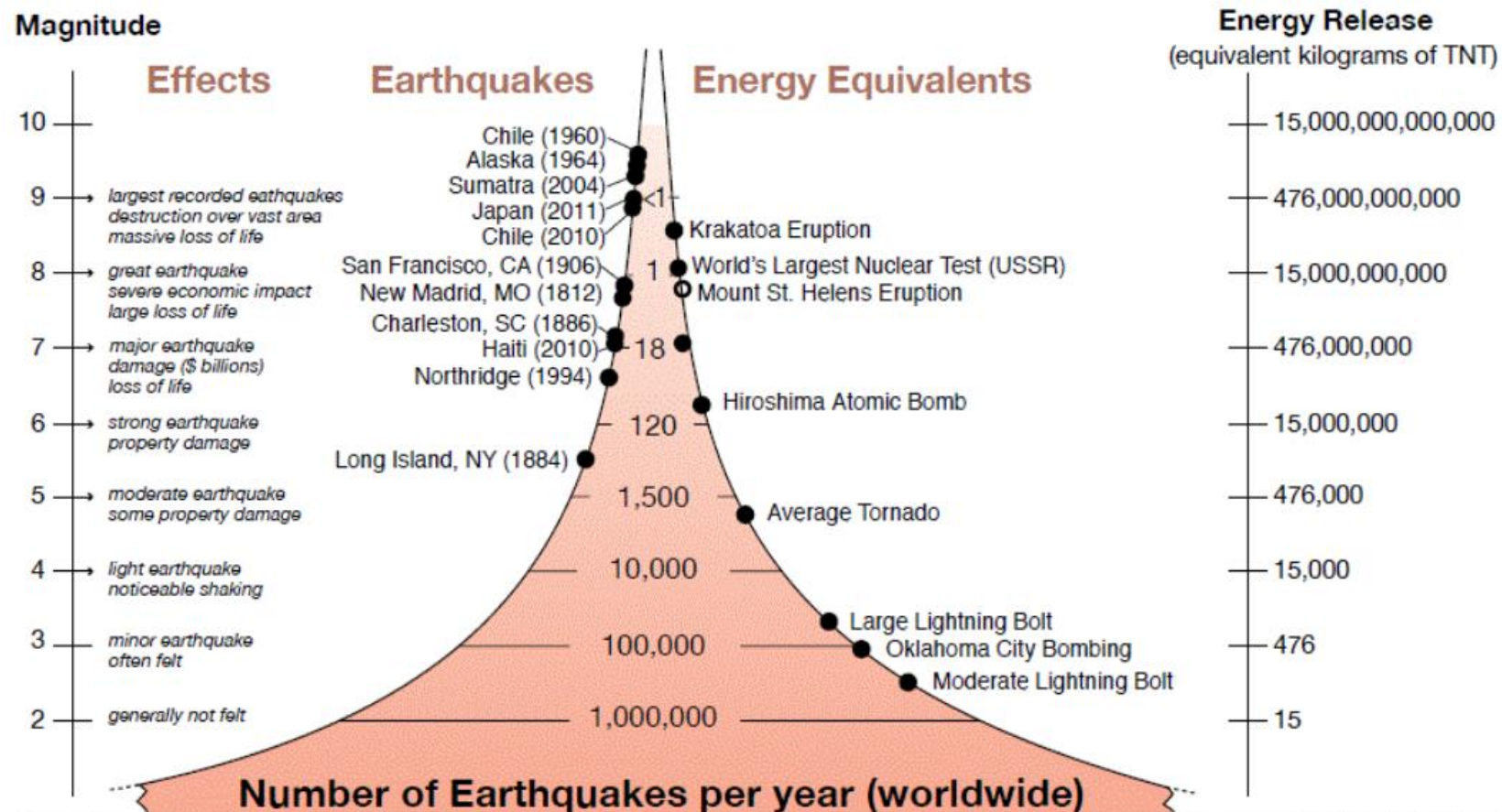
Estima la violencia de un sismo a partir de como lo sienten las personas y el daño que causa en la naturaleza y las obras hechas por el hombre constituyen una medida de la intensidad de un sismo. Como se trata de factores arbitrarios y subjetivos, se confeccionaron varias escalas descriptivas de los hechos para una normalización a nivel mundial.

- I – No sentido, excepto por personas bajo circunstancias especialmente favorables.
- II – Sentido solo por personas en posición de descanso, especialmente en los pisos altos. Pueden oscilar objetos delicadamente suspendidos.
- III – Sentido muy sensiblemente en interiores, especialmente en pisos altos. Mucha gente no los reconoce como un terremoto. Vibraciones como del paso de un vehículo pesado. Duración apreciable.
- IV – Sentido en interiores y por algunos al aire libre. Si es de noche algunos se despiertan. Ventanas, puertas y paredes crujen. Sensación como si un vehículo pesado chocara contra el edificio. Automóviles estacionados se balancean.
- V – Sentido casi por todos. Muchos se despiertan. Ventanas o vidrios rotos. Grietas en el revestimiento de paredes. Objetos inestables volcados. Los péndulos de los relojes pueden pararse.
- VI – Sentidos por todos. Muchos se asustan y salen al exterior. Algún mueble pesado puede caerse. Caída de revestimientos. Chimeneas dañadas.
- VII – Todo la gente corre al exterior. Daño considerable en los edificios antiguos y pobremente construidos. Sentido o notado por personas conduciendo automóviles.
- VIII - Daño leve en edificios sólidos y grande en los antiguos y pobremente construidos. Paredes separadas de la estructura. Caen chimeneas, columnas, monumentos y paredes. Cambios en el nivel de los pozos de agua.
- IX – Pánico general. Daño considerable en estructuras con armaduras bien diseñadas. Edificios pierden verticalidad. Colapso parcial de edificios mal construidos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas.
- X – Algunos edificios bien construidos caen. La mayoría de las paredes de ladrillos caen. Suelo muy agrietado. Carriles o vías férreas torcidas. Deslizamiento de tierra en laderas escarpadas. Movimiento de arenas.
- XI – Pocas obras de albañilería quedan en pie. Grandes grietas en el suelo. La tierra se hunde o desliza en terrenos blandos. Carriles retorcidos.
- XII – Destrucción total. Se ven ondas en el suelo. Objetos lanzados al aire.



# Escala Richter

También conocida como **escala de magnitud local ( $M_L$ )**, es una escala logarítmica nos da una idea de la energía que libera por un terremoto.



# Escala Magnitud Momento Sísmico

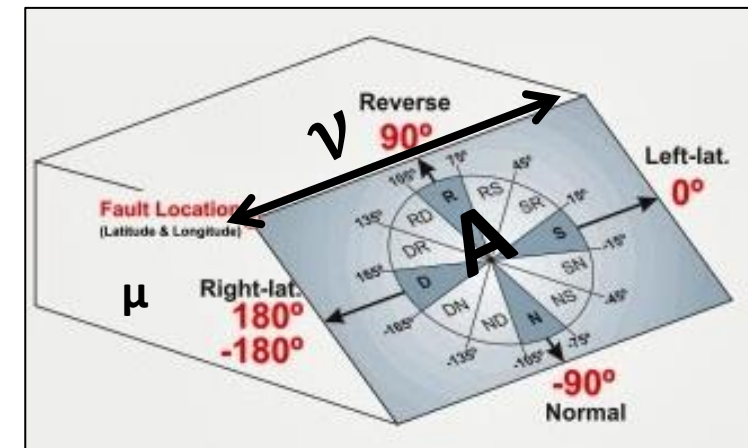
La **escala de magnitud momento sísmico** ( $M_w$ ) es una escala logarítmica usada para medir y comparar terremotos. Está basada en la medición de la Energía total que se libera en un sismo a través del momento Sísmico ( $M_0$ ).

$$M_w = \frac{2}{3} \left( \log_{10} \frac{M_0}{\text{N} \cdot \text{m}} - 9,1 \right) = \frac{2}{3} \left( \log_{10} \left( \frac{M_0}{\text{dina} \cdot \text{cm}} \right) - 16,1 \right)$$

El momento sísmico ( $M_0$ ), es una variable que mide Energía (Trabajo=Fuerza x distancia), de aquí el subíndice «w»  $\rightarrow$  *work*.  $M_0$  es una cantidad que combina el área de ruptura y la compensación de la falla con una medida de la resistencia de las rocas mediante la siguiente ecuación:

$$M_0 = \mu \cdot v \cdot A$$

$\mu$  modulo de corte;  $A$  de ruptura a lo largo de la falla;  
 $v$  desplazamiento a lo largo de  $A$



# Clasificación de Terremotos

## Según su profundidad:

**Superficiales** , hasta 70 km de profundidad, en el dominio frágil de la litosfera.

**Intermedios**, de 70 a 250 km, en el dominio principalmente plástico del manto superior, dentro del cual se sumergen las cortezas oceánicas subductadas.

**Profundos**, de 250 a 670 km, en el manto medio, donde todavía las placas oceánicas no han sido totalmente asimiladas al manto.

## Según su Magnitud

2.0-3.0 **Micro Magnitud** – No son perceptibles.

3.0-3.9 **Menor Magnitud** – Perceptibles con poco movimiento y sin daño.

4.0-4.9 **Ligera Magnitud** – Perceptibles con movimiento de objetos y rara vez produce daño.

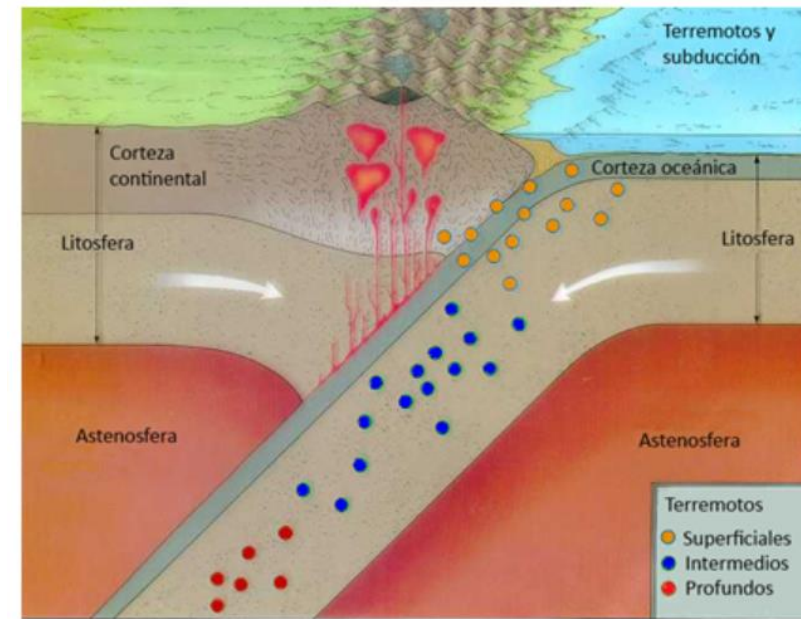
5.0-5.9 **Moderada (o Mediana) Magnitud** – Puede causar daños mayores en construcciones débiles o mal construidas.

6.0-6.9 **Fuerte Magnitud** – Pueden ser destructivos.

7.0-7.9 **Mayor Magnitud** – Pueden ser destructivos en zonas extensas.

8.0-9.9 **Gran Magnitud** – Catastróficos, provocando destrucción total en zonas cercanas al epicentro.

10 o + **Magnitud Épica** – Jamás registrado, puede generar una extinción local



## Según su Intensidad

**SISMOS LEVES:** Intensidad menor o igual a V I ( Escala de MM )

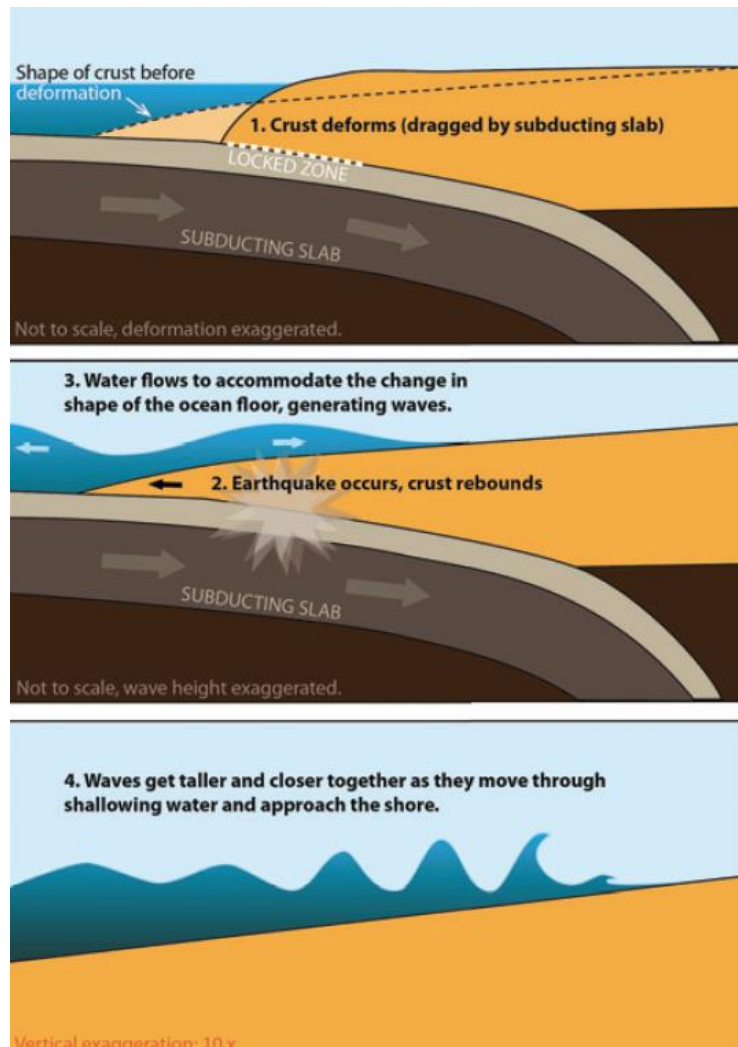
**SISMOS MODERADOS:** Intensidad entre VI I y VIII ( Escala de MM )

**SISMOS SEVEROS:** Intensidad de grado IX ( Escala de MM)

**SISMOS CATASTROFICO:** con Intensidades de grado X o más ( Escala de MM ).

# Sismología: Eventos

## Tsunamis



### El tsunami de 2004 en el océano Índico

El 26 de diciembre de 2004, un sismo enorme provocó una serie de tsunamis que devastaron parte de las costas del océano Índico acabando con la vida de más de 220.000 personas



Telemadrid  
2004. El tsunami del Índico deja 230.000 muertos, la mayor catástrofe natural de la historia

# Sismología: Eventos

## Terremoto de San Juan de 1944

7.4 en potencia de Magnitud de Momento ( $M_W$ )

7,0 en escala de Richter ( $M_L$ )

### Parámetros

Fecha y hora 15 de enero de 1944

Profundidad 16 km

Coordenadas del epicentro  31°32'03"S 68°31'34"O

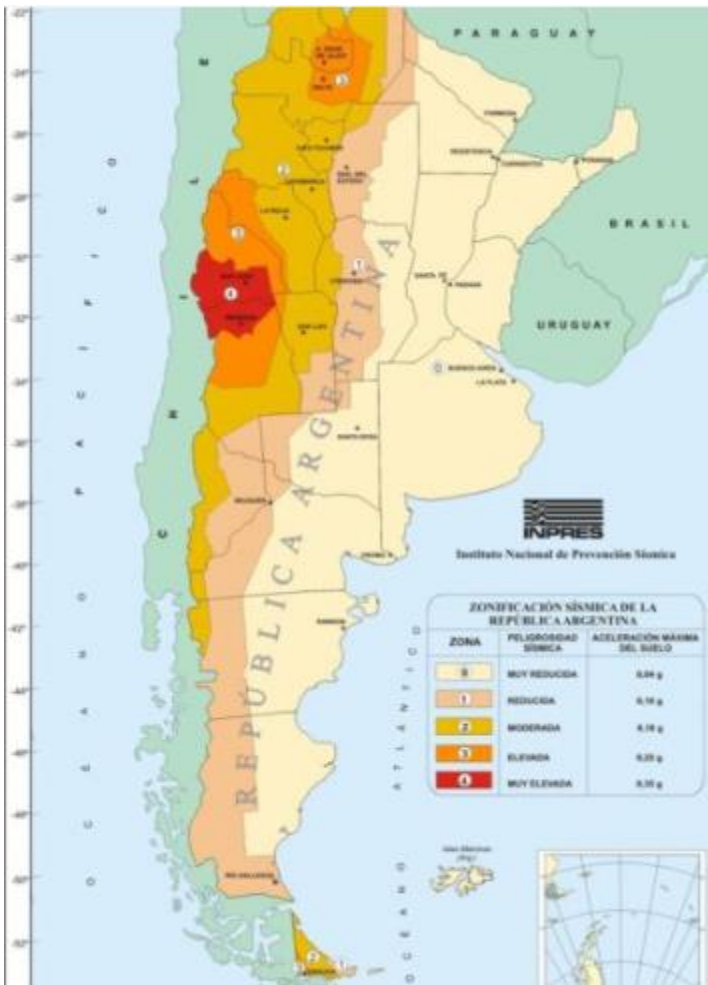
### Consecuencias

Zonas afectadas San Juan (Argentina)

Mercalli **IX (Violento)**

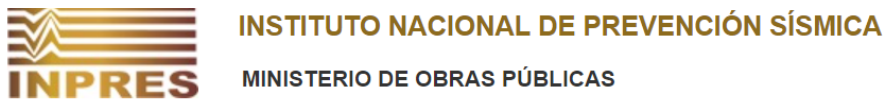
Víctimas 9,000 - 15,000

### INPRES



https://www.inpres.gob.ar

https://www.usgs.gov/



*¡Colaborá con el INPRES compartiendo tu ubicación! (Conocer más....)*

*Reportar un evento percibido no publicado*

| N° | Fecha      | Hora     | Prof.  | Mag. | Latitud | Longitud | Ver mapa                  |
|----|------------|----------|--------|------|---------|----------|---------------------------|
| 1  | 19/10/2022 | 09:37:46 | 112 Km | 3.0  | -32.138 | -70.053  | <a href="#">SAN JUAN</a>  |
| 2  | 19/10/2022 | 09:01:15 | 215 Km | 3.4  | -24.025 | -66.829  | <a href="#">JUJUY</a>     |
| 3  | 19/10/2022 | 06:34:02 | 114 Km | 3.0  | -32.021 | -69.948  | <a href="#">SAN JUAN</a>  |
| 4  | 19/10/2022 | 00:53:28 | 9 Km   | 2.7  | -31.685 | -68.718  | <a href="#">SAN JUAN</a>  |
| 5  | 18/10/2022 | 21:36:00 | 196 Km | 3.2  | -23.501 | -66.940  | <a href="#">JUJUY</a>     |
| 6  | 18/10/2022 | 19:05:04 | 97 Km  | 2.5  | -31.245 | -68.660  | <a href="#">SAN JUAN</a>  |
| 7  | 18/10/2022 | 18:44:01 | 126 Km | 3.1  | -31.531 | -69.903  | <a href="#">SAN JUAN</a>  |
| 8  | 18/10/2022 | 15:10:59 | 171 Km | 2.7  | -27.943 | -66.704  | <a href="#">CATAMARCA</a> |
| 9  | 18/10/2022 | 14:29:22 | 9 Km   | 2.5  | -31.837 | -67.794  | <a href="#">SAN JUAN</a>  |
| 10 | 18/10/2022 | 13:09:09 | 104 Km | 2.6  | -30.749 | -70.177  | <a href="#">SAN JUAN</a>  |
| 11 | 18/10/2022 | 11:37:09 | 125 Km | 2.9  | -31.678 | -69.594  | <a href="#">SAN JUAN</a>  |
| 12 | 18/10/2022 | 11:22:42 | 101 Km | 2.5  | -31.228 | -68.613  | <a href="#">SAN JUAN</a>  |
| 13 | 18/10/2022 | 09:21:48 | 128 Km | 2.6  | -29.078 | -69.576  | <a href="#">SAN JUAN</a>  |
| 14 | 18/10/2022 | 04:51:29 | 148 Km | 2.9  | -28.552 | -67.079  | <a href="#">LA RIOJA</a>  |
| 15 | 18/10/2022 | 04:35:29 | 22 Km  | 5.3  | -30.696 | -71.654  | <a href="#">CHILE</a>     |



SCIENCEPRODUCTSNEWSCONNECTABOUT

Latest Earthquakes

SCIENCE

SCIENCE EXPLORER

NATURAL HAZARDS

How the Earth Moves



The Story of Plate Tectonics

Earth's surface moves at many depths, including at plate boundaries.

Read about Our Dynamic Earth

Although it may seem like it's solid beneath your feet, the Earth is a dynamic structure. The surface is constantly moving. Different parts of the planet move in different ways and at different time scales. The USGS studies these sometimes subtle, yet sometimes dramatic movements to help keep us safe.

Overview

Publications

Science

Maps

Multimedia

News

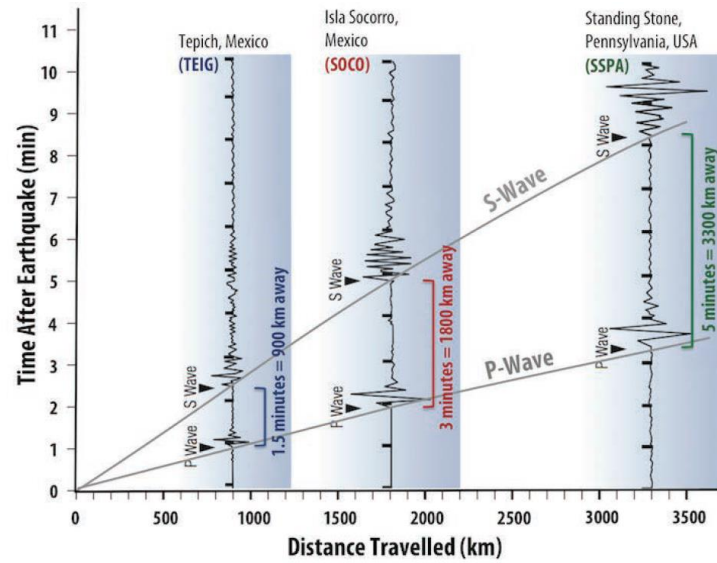
FAQ

Sismo azul: Sismo determinado preliminarmente.

Sismo negro: Sismo revisado por un sismólogo.

Sismo rojo: Sismo sentido revisado por un sismólogo.

# Localización de Eventos Sísmicos



$$t_P = r / V_P$$

$$t_S = r / V_S$$

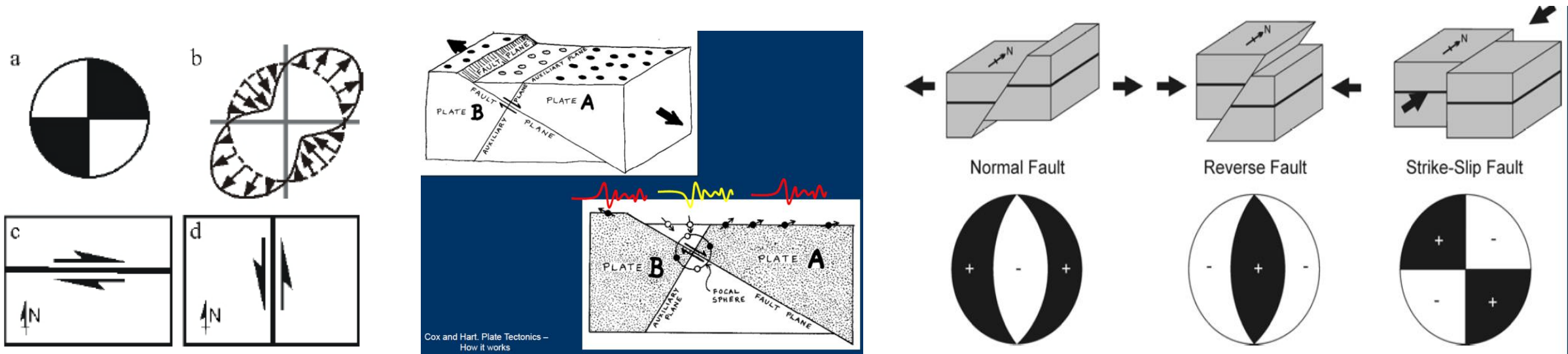
$$\text{por lo que: } t_S - t_P = r / V_S - r / V_P$$

$$r = (t_S - t_P) / (1/V_S - 1/V_P)$$



# Mecanismos Focales

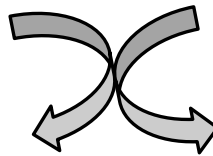
Un MF es una representación esquemática de la fuente que produjo un evento sísmico. Estos nos proporcionan información acerca del epicentro, profundidad de foco, la magnitud (una medida de la energía sísmica radiada por el terremoto), así como la orientación del posible plano de falla para de esta forma deducir el tipo de falla que produjo el terremoto: Normal, inversa o de desgarre. Se representan a partir de gráficos conocidos “balones de playa”



# Lo que viene...Prospección sísmica

En la prospección sísmica, las ondas sísmicas se propagan hacia el interior de la tierra y se miden los tiempos de viaje de las ondas que regresan a la superficie después de sufrir refracción o reflexión en límites geológicos presentes en el subsuelo. Estos tiempos de viaje se pueden convertir en profundidades e, incluso, se puede cartografiar sistemáticamente la distribución en profundidad de las superficies de interés geológico.

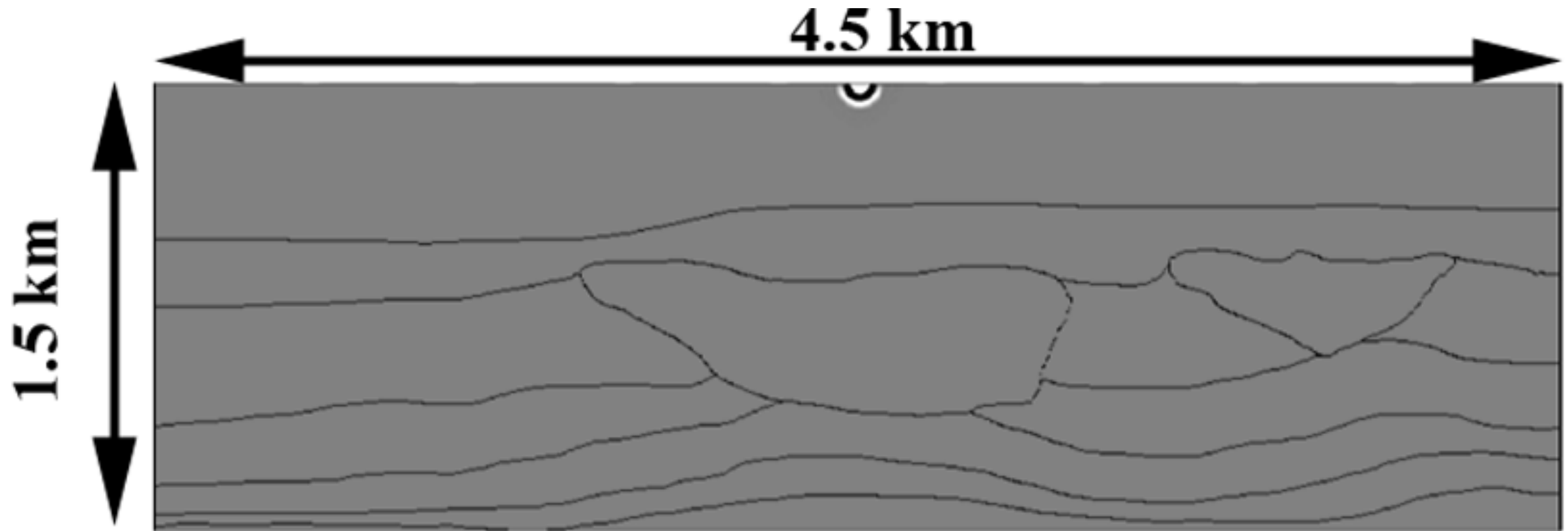
## Prospección Sísmica



**Sísmica de Refracción**

**Sísmica de Reflexión**

Que vamos a analizar?



R=665km  
R=560km  
R=160km

Mapa  
1,5 cm-----200km



M=5.3

# Bibliografía

Reduca (Geología). Serie Tectónica. 2 (6): 1-91, 2010. ISSN: 1989-6557

Geofísica – FACET – UNT – Sismología para Geólogos - Ing. Luis Estrada - 2012

ELEMENTOS DE PROSPECCIÓN SÍSMICA – Alfonso Muñoz Martín

[http://aviris.gl.fcen.uba.ar/TP\\_Geotectonica/tp1\\_%20mec\\_foc2013\\_singer.pdf](http://aviris.gl.fcen.uba.ar/TP_Geotectonica/tp1_%20mec_foc2013_singer.pdf)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Onda\\_s%C3%ADsmica](https://es.wikipedia.org/wiki/Onda_s%C3%ADsmica)

Griffiths y King, 1972. Geofísica Aplicada para Ingenieros y Geólogos (Pág..148-179). Editorial Paraninfo.

Parasnis y Orellana. 1971. Geofísica Minera (Pág..227 -281). Editorial Paraninfo.

Udías y Mezcúa, 1997. Fundamentos de Geofísica (Pág..37-139). Alianza Editorial.

<http://geofisicasismospgf.blogspot.com/p/ondas-p-y-ondas-s.html> Gentileza- Ing. Paul Gálvez

<https://www.inpres.gob.ar/desktop/>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Onda>