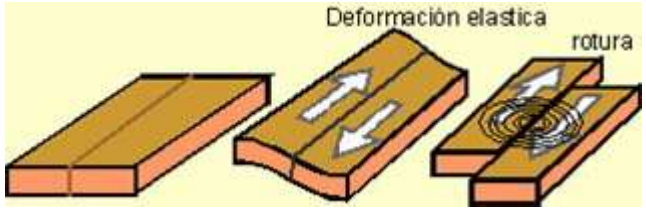
TERREMOTOS

¿QUÉ ES UN SEISMO?

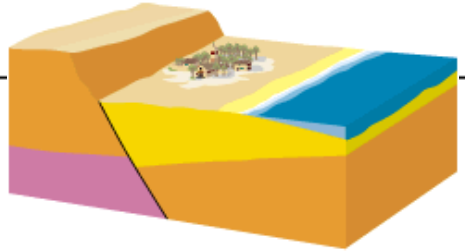
Sacudida del terreno ocasionada por fuerzas que actúan en el interior de la Tierra.



Origen: Los terremotos se originan en zonas inestables de la corteza y en particular en los límites de las placas.

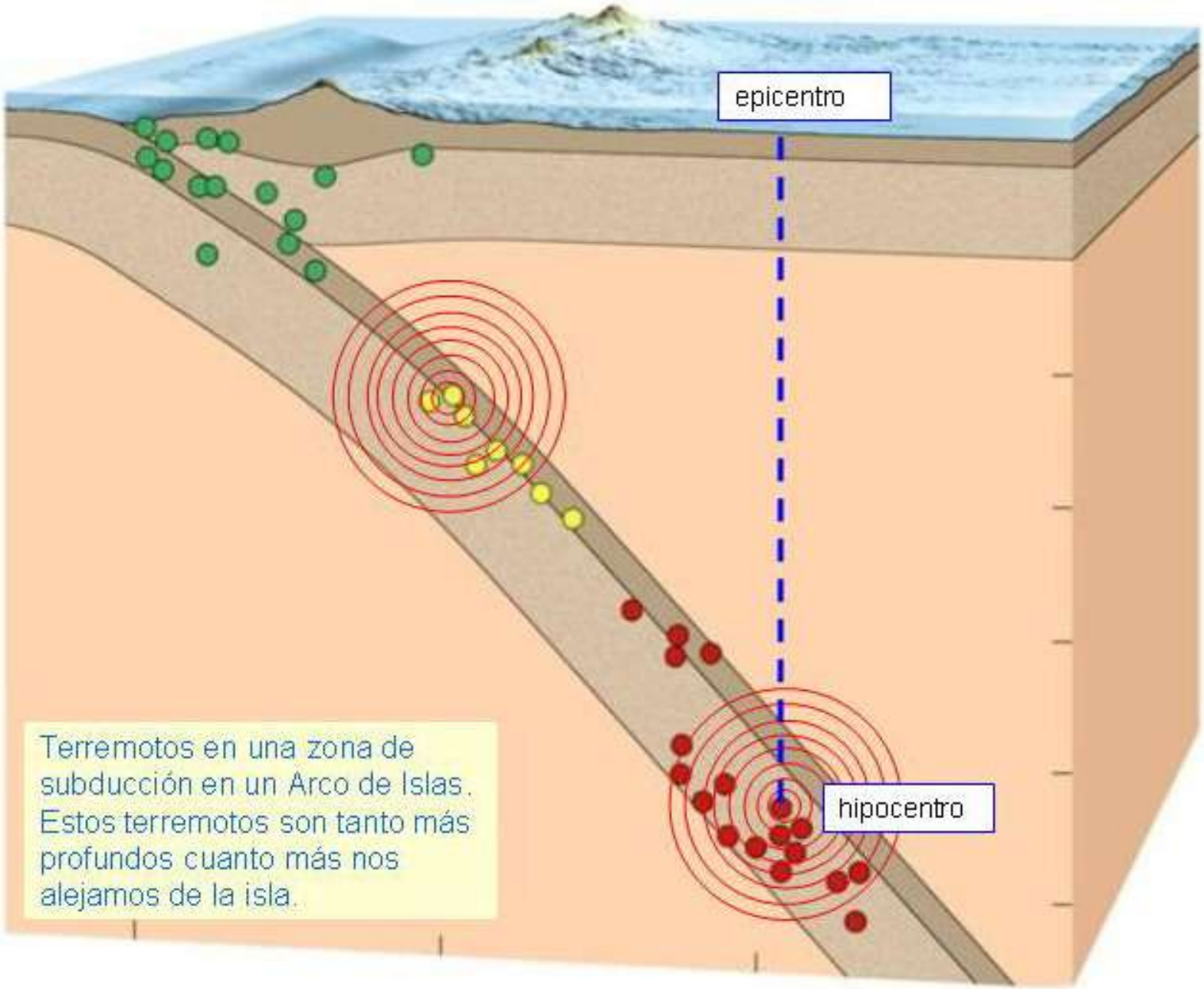
Tectónicos: Originados en los límites de las placas.

Volcánicos: Originados por los movimientos del magma.

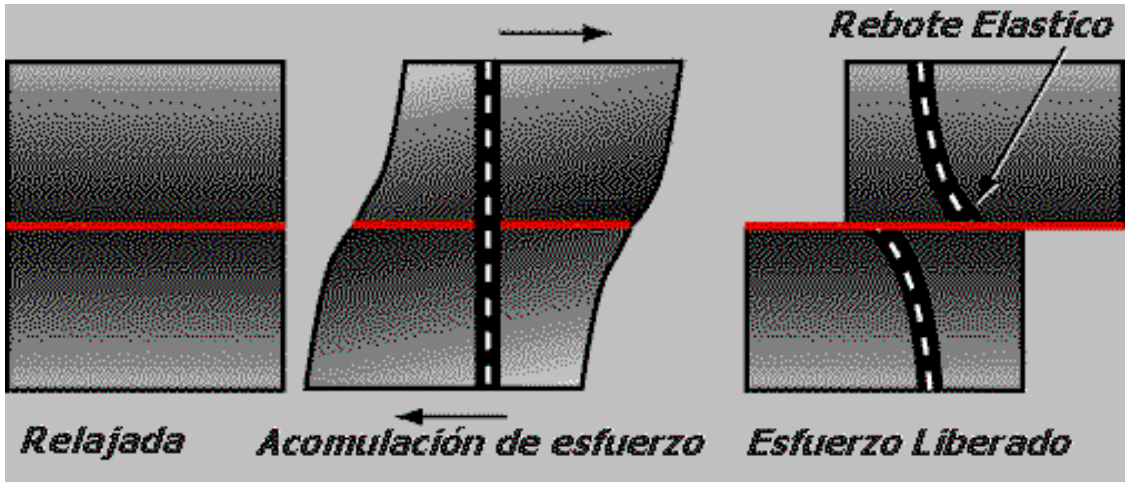


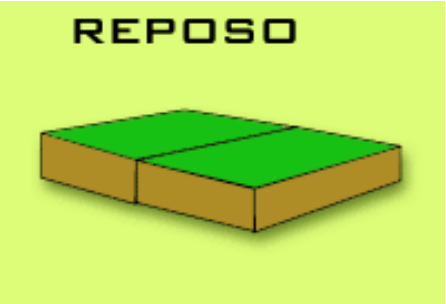
De falla: Originados por el deslizamiento de los labios de una falla.

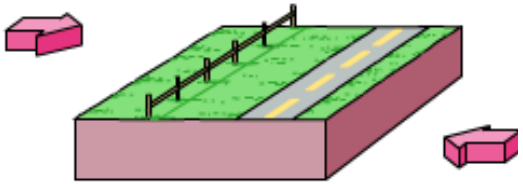
TERREMOTOS TECTÓNICOS (debidos a la TECTÓNICA DE PLACAS)

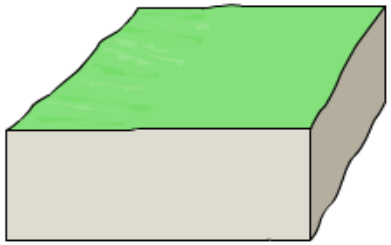


ROTURA DE LAS ROCAS. MODELO DEL REBOTE ELÁSTICO



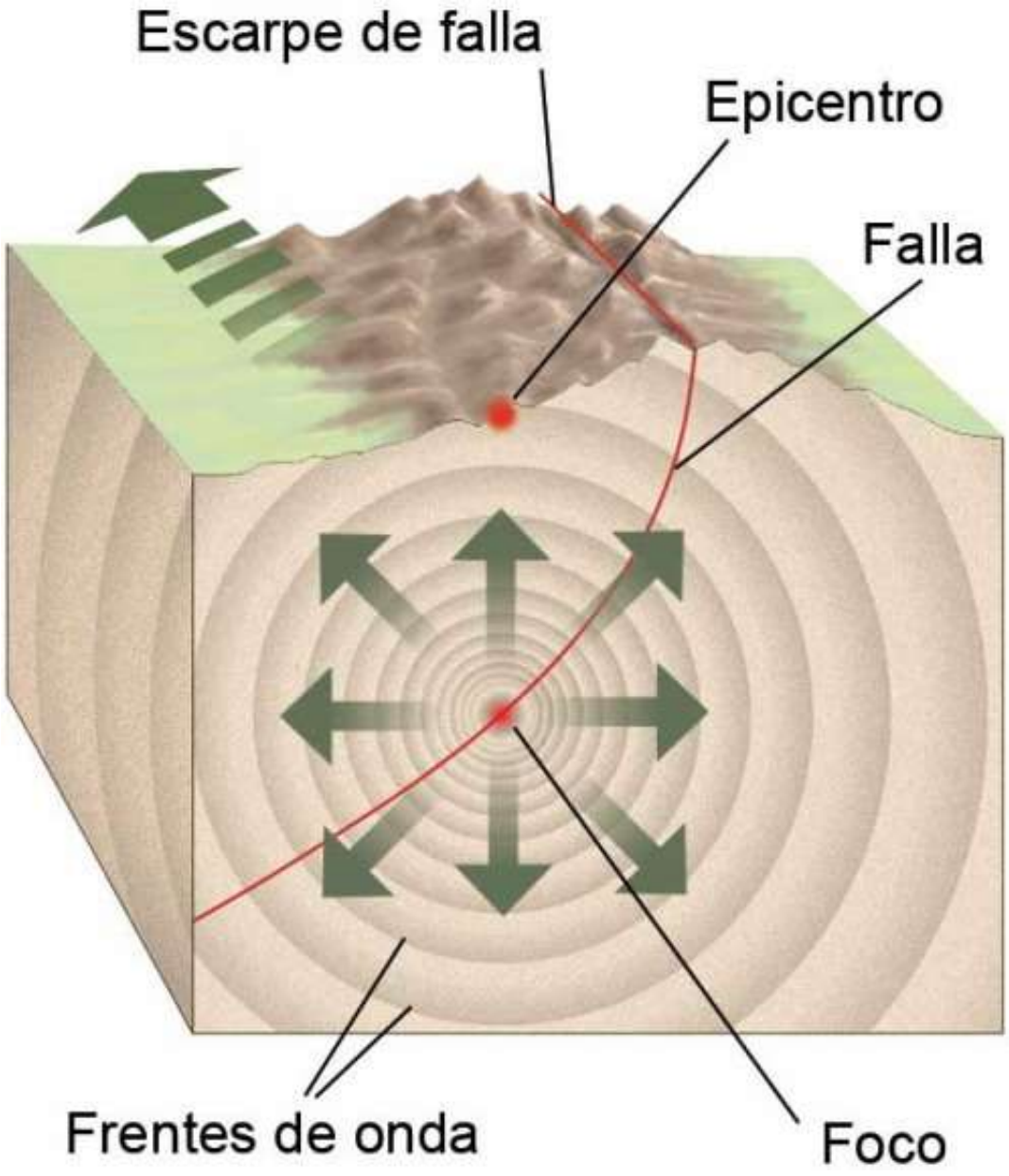






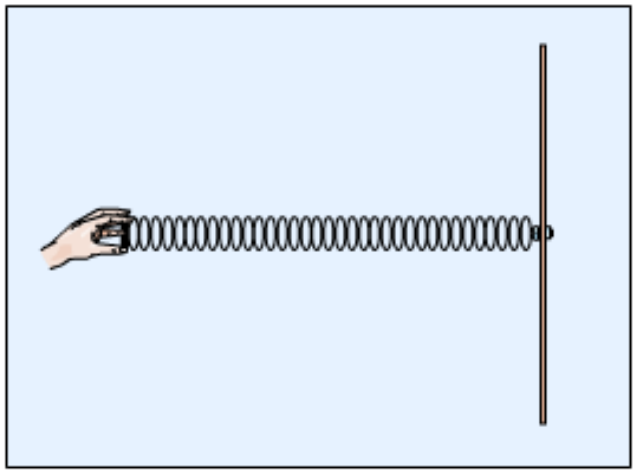
Oir **retumbo**

HIPOCENTRO O FOCO Y EPICENTRO



ONDAS SÍSMICAS

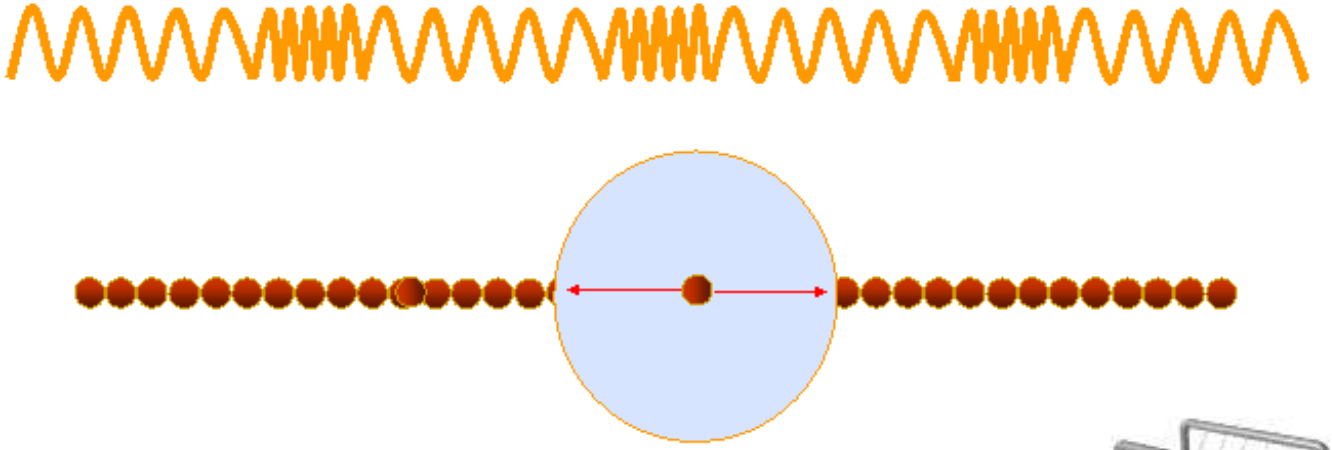
- de cuerpo
  - P (primarias) = longitudinales o de comprensión
  - S (secundarias) = transversales o de cizalladura
- superficiales
  - L (de Love) o de torsión
  - R (de Rayleigh) o circulares



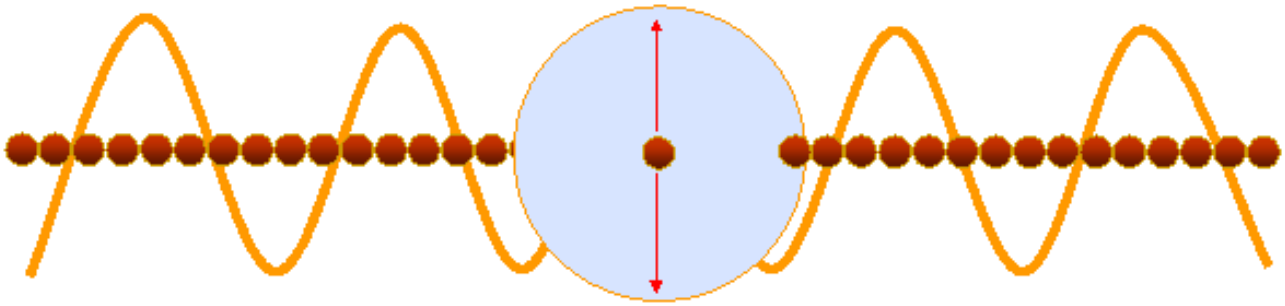
Primary wave

ONDAS INTERIORES O DE CUERPO

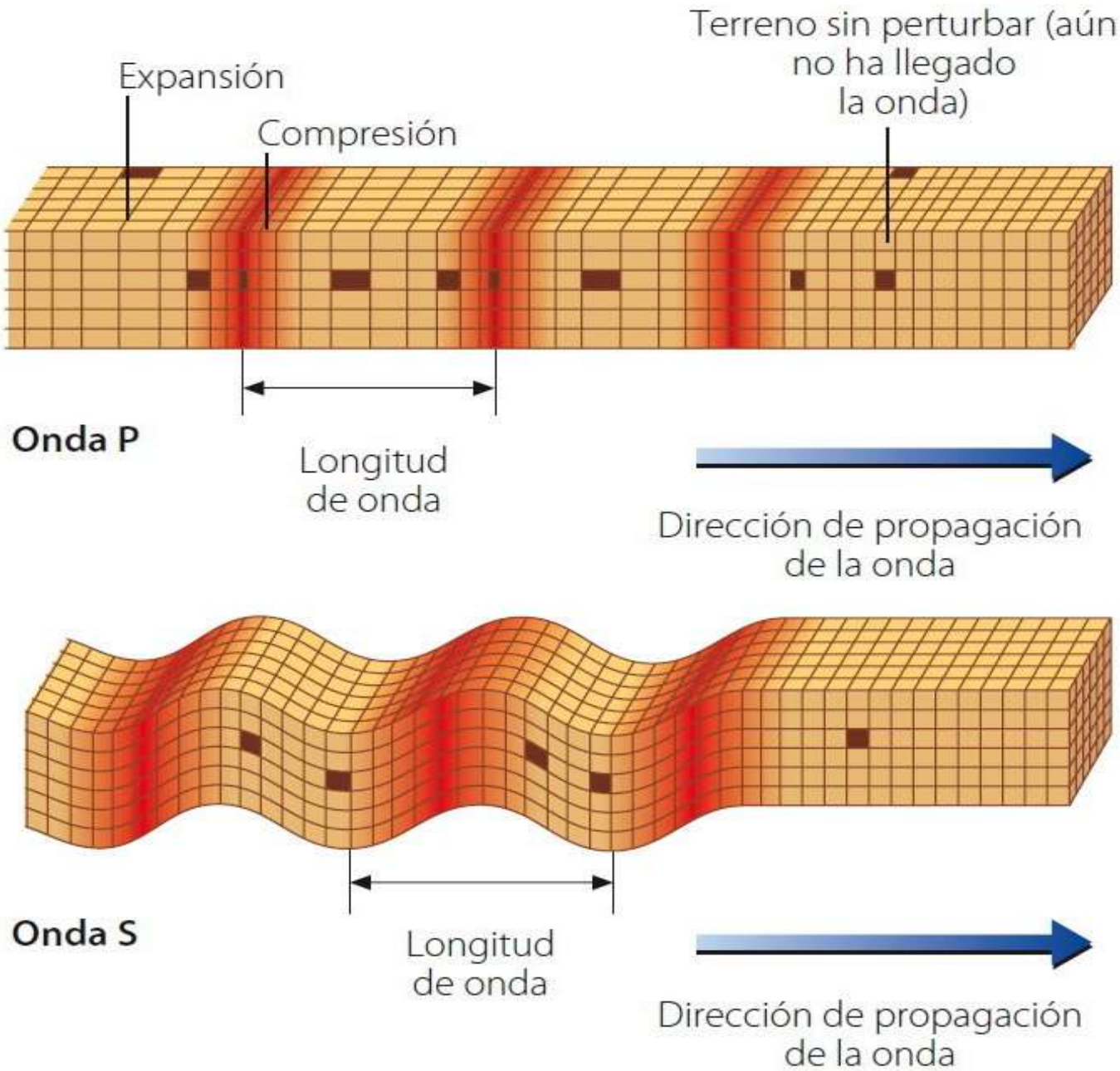
Onda longitudinal



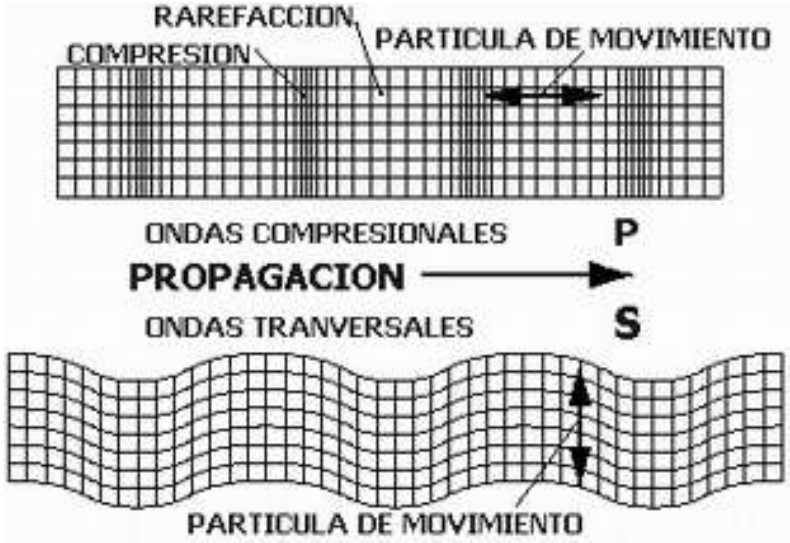
Onda transversal

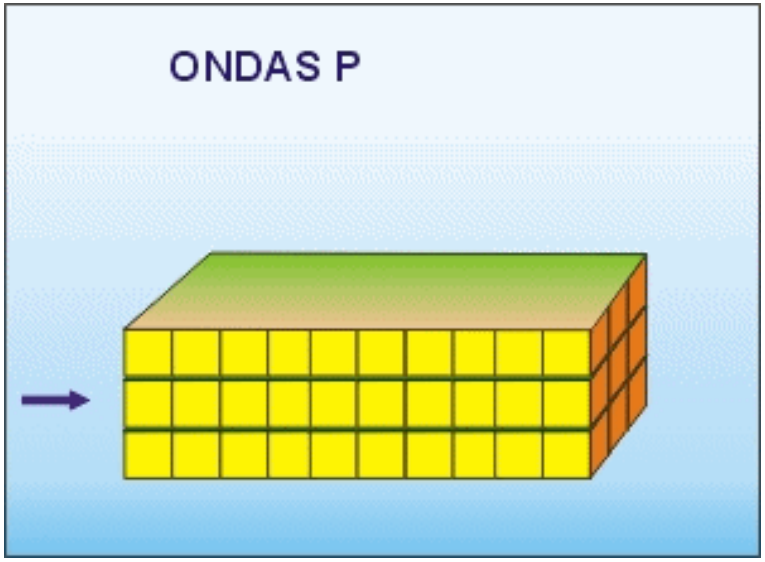


ONDAS INTERIORES O DE CUERPO



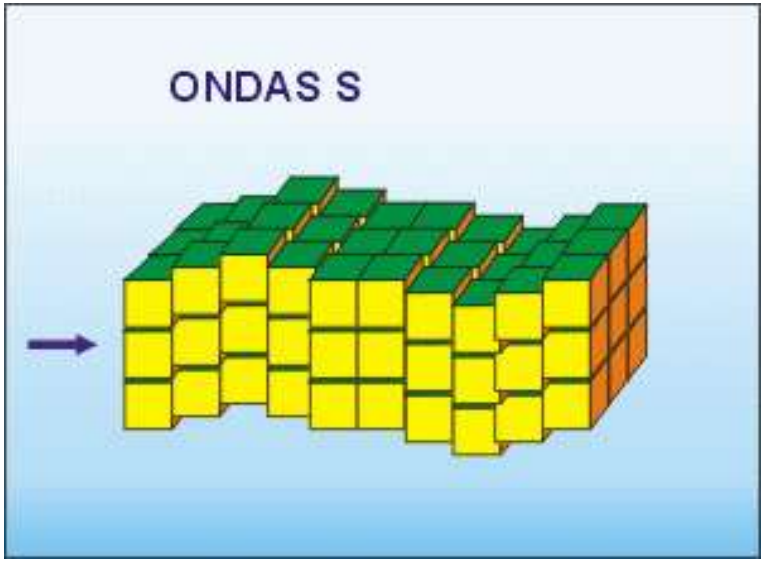
Ondas de cuerpo





$$v_p = \sqrt{\frac{k + 4/3 \cdot \mu}{d}}$$

Donde
k = incompresibilidad
μ = rigidez
d = densidad



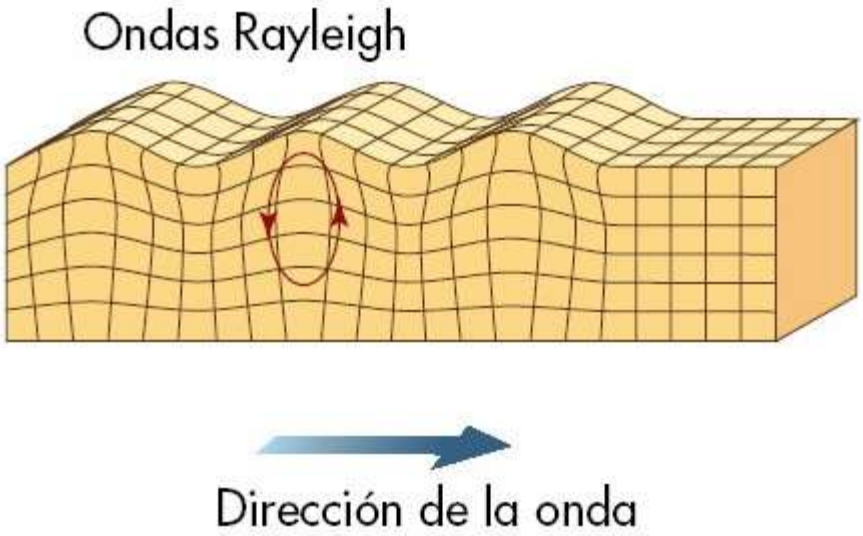
$$v_s = \sqrt{\frac{\mu}{d}}$$

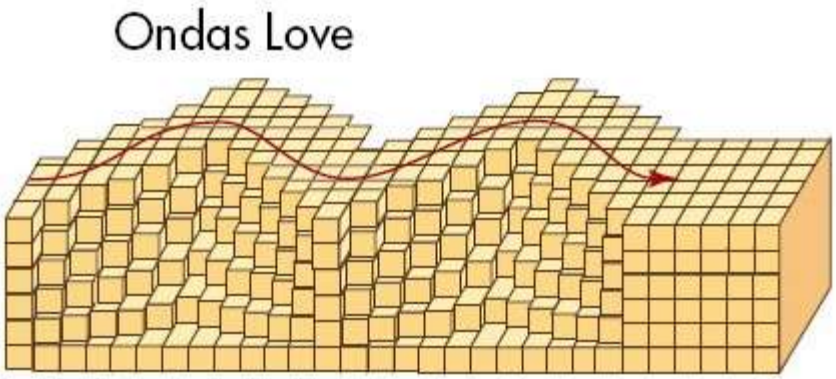
Donde
μ = rigidez
d = densidad

CARACTERÍSTICAS DE LAS ONDAS INTERIORES O DE CUERPO

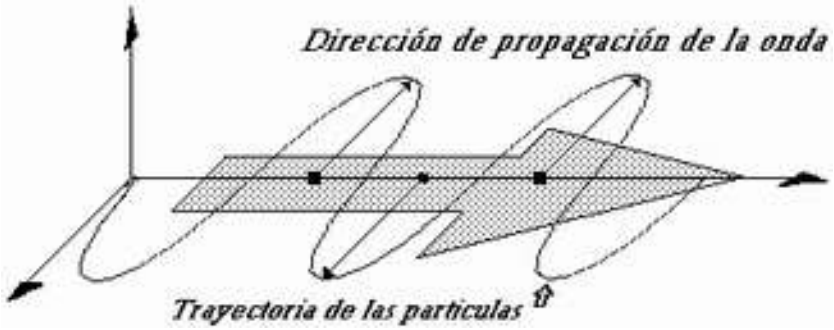
Ondas	Origen del nombre	Velocidad	Medios que atraviesan	Movimiento que provocan
P	Primarias (son las primeras en llegar)	Mayor	Todos. Son más rápidas en los sólidos que en los líquidos.	Hacen vibrar las partículas del terreno en la misma dirección que la onda, provocando un movimiento de compresión y descompresión.
S	Secundarias (se registran en segundo lugar)	Menor	Sólo sólidos	Hacen vibrar las partículas del terreno en dirección perpendicular a la de la onda.

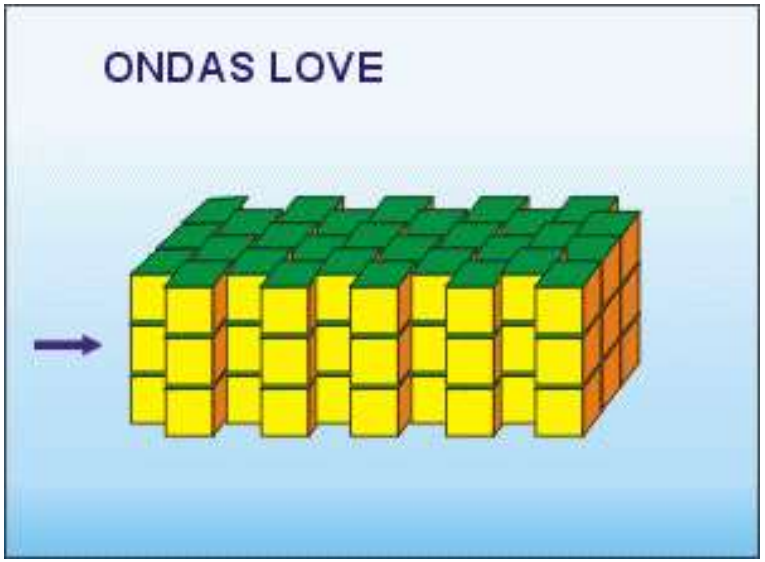
ONDAS SUPERFICIALES

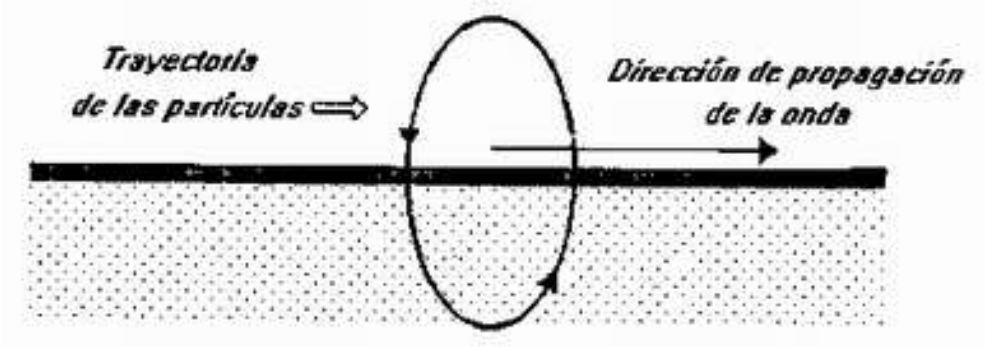


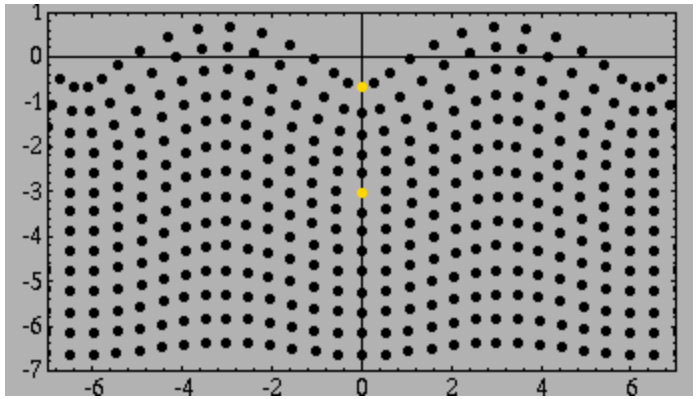


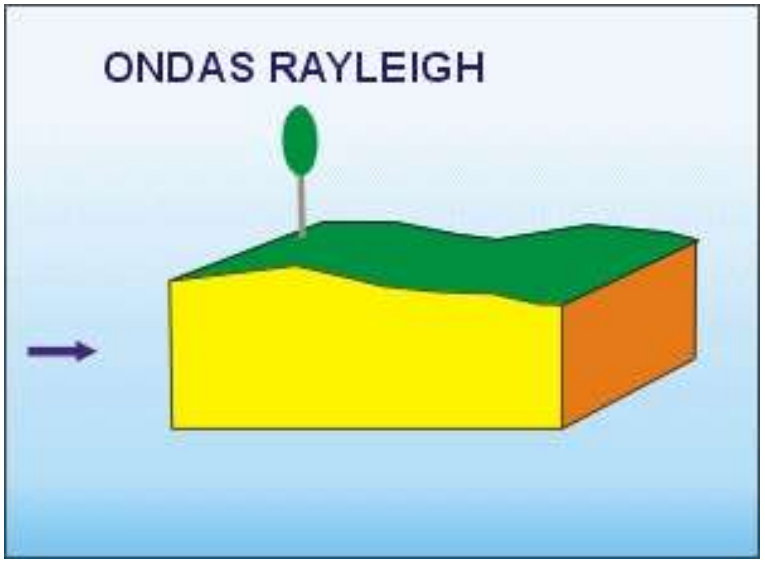
Ondas superficiales











LAS ONDAS SÍSMICAS SON ONDAS DE ENERGÍA

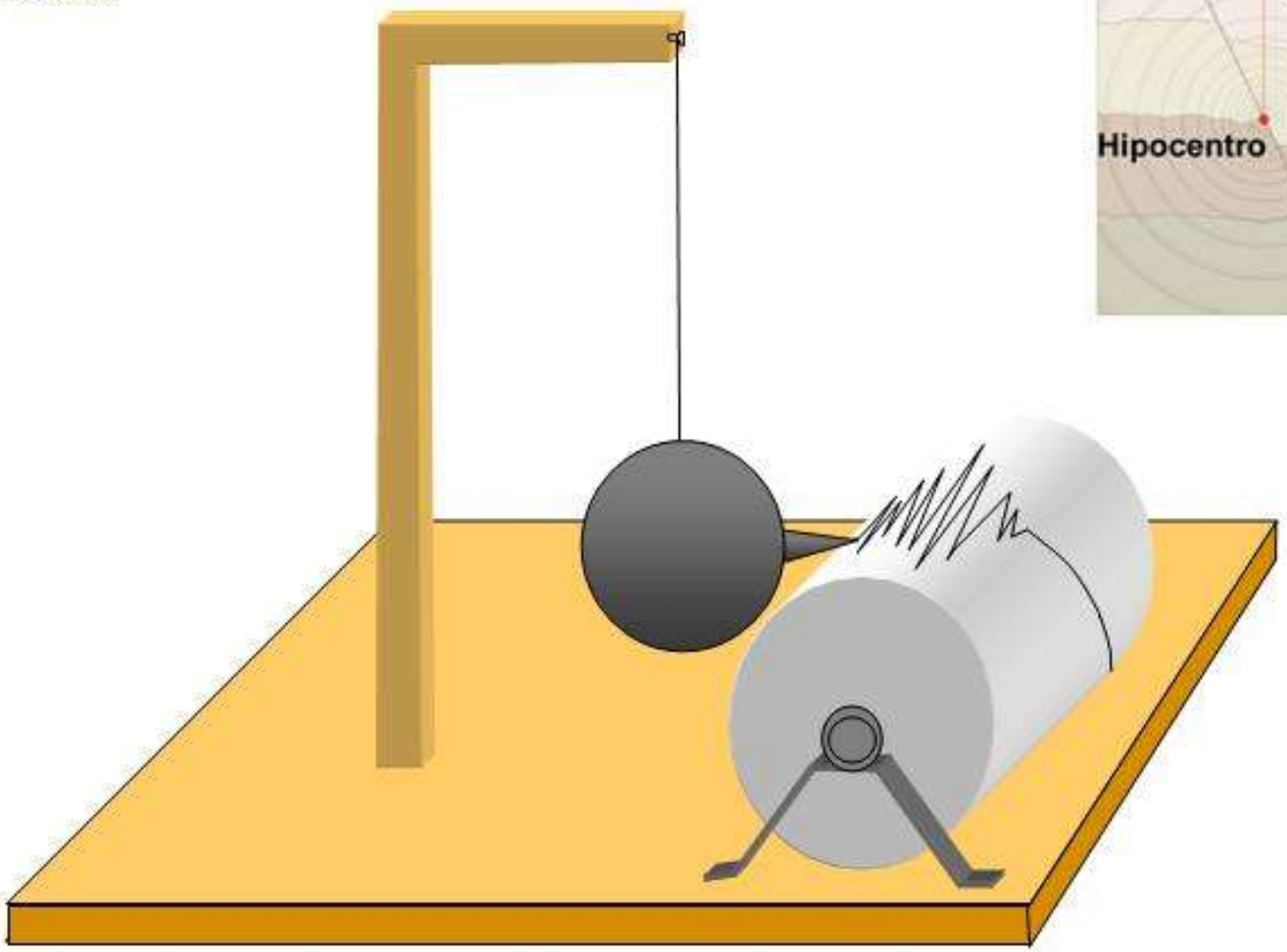
Cuando se propagan las ondas sísmicas lo que se mueve es la energía liberada en la fractura de las rocas, como diferentes formas de vibración de las partículas, pero la materia no se desplaza.

SISMÓGRAFOS

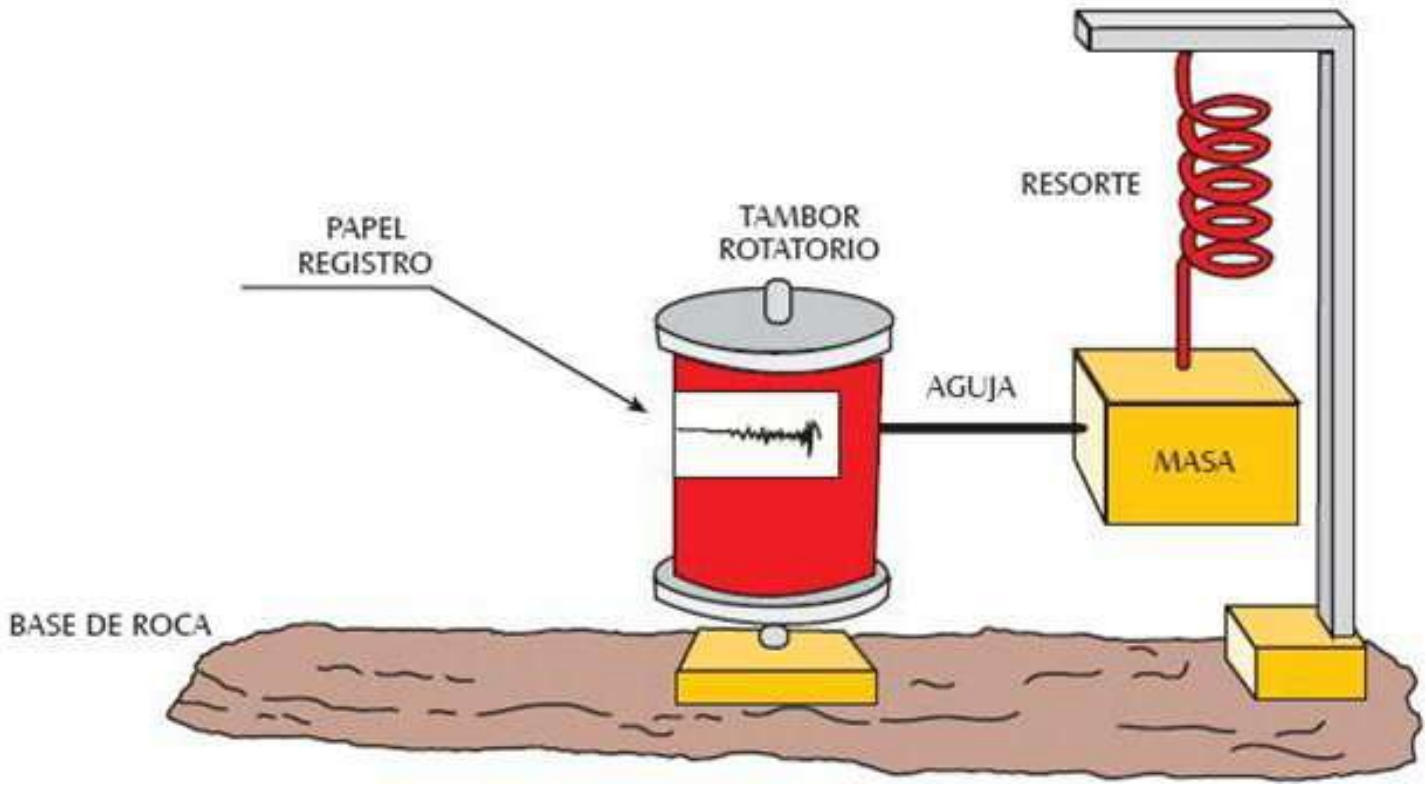
Sismógrafo chino. El movimiento sísmico hacía caer una bola en la boca de una de las ranas. Así se podía detectar la dirección del terremoto.

SISMÓGRAFO HORIZONTAL

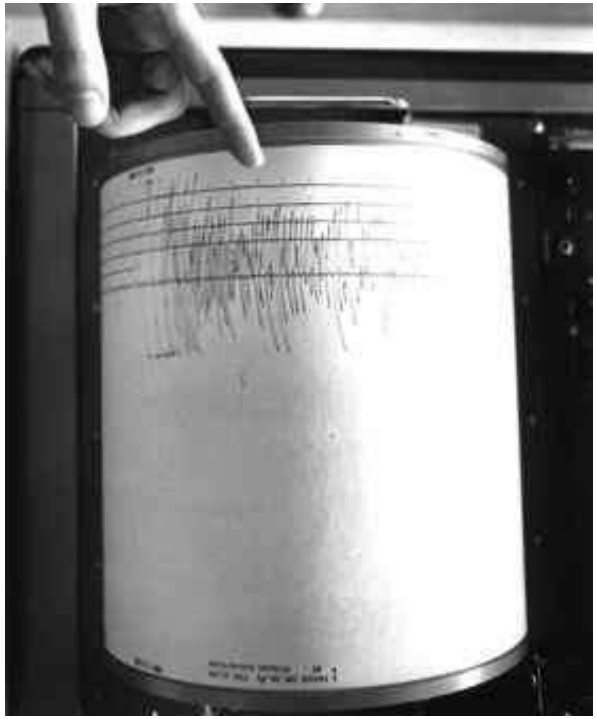
Sismógrafo.



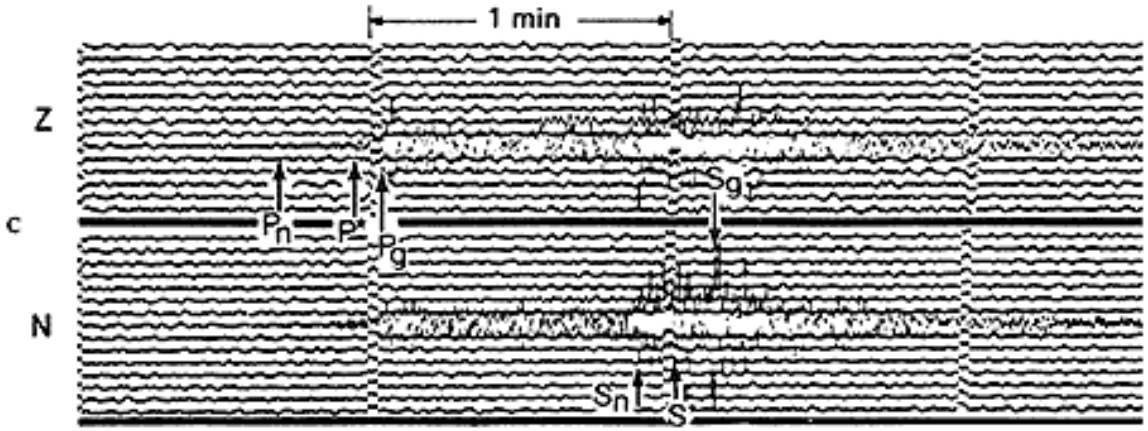
SISMÓGRAFO VERTICAL



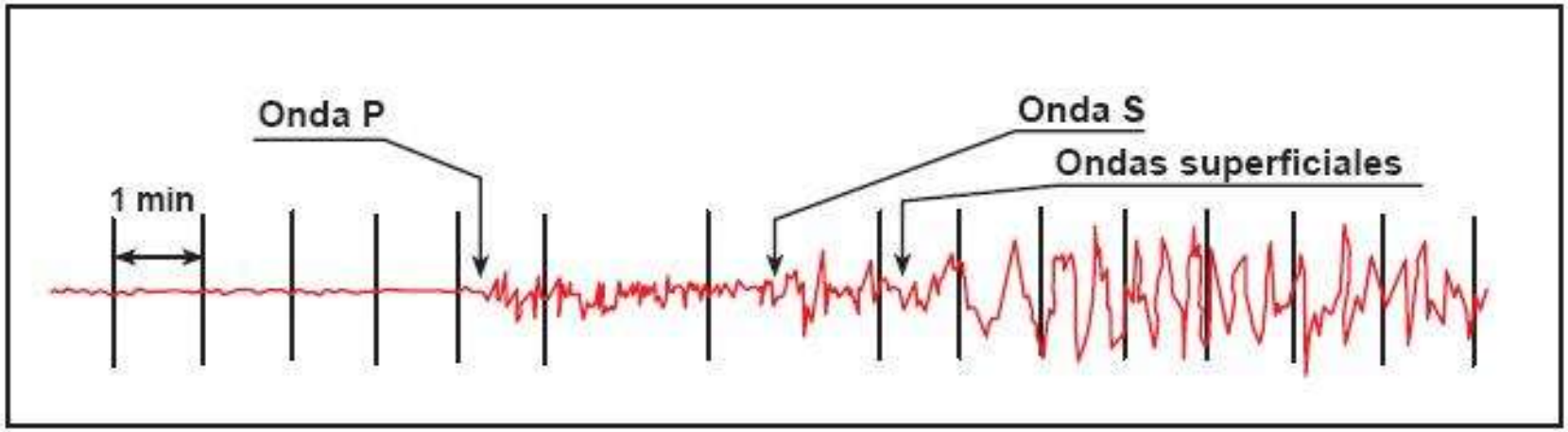
SISMOGRAMAS



Sismógrafo

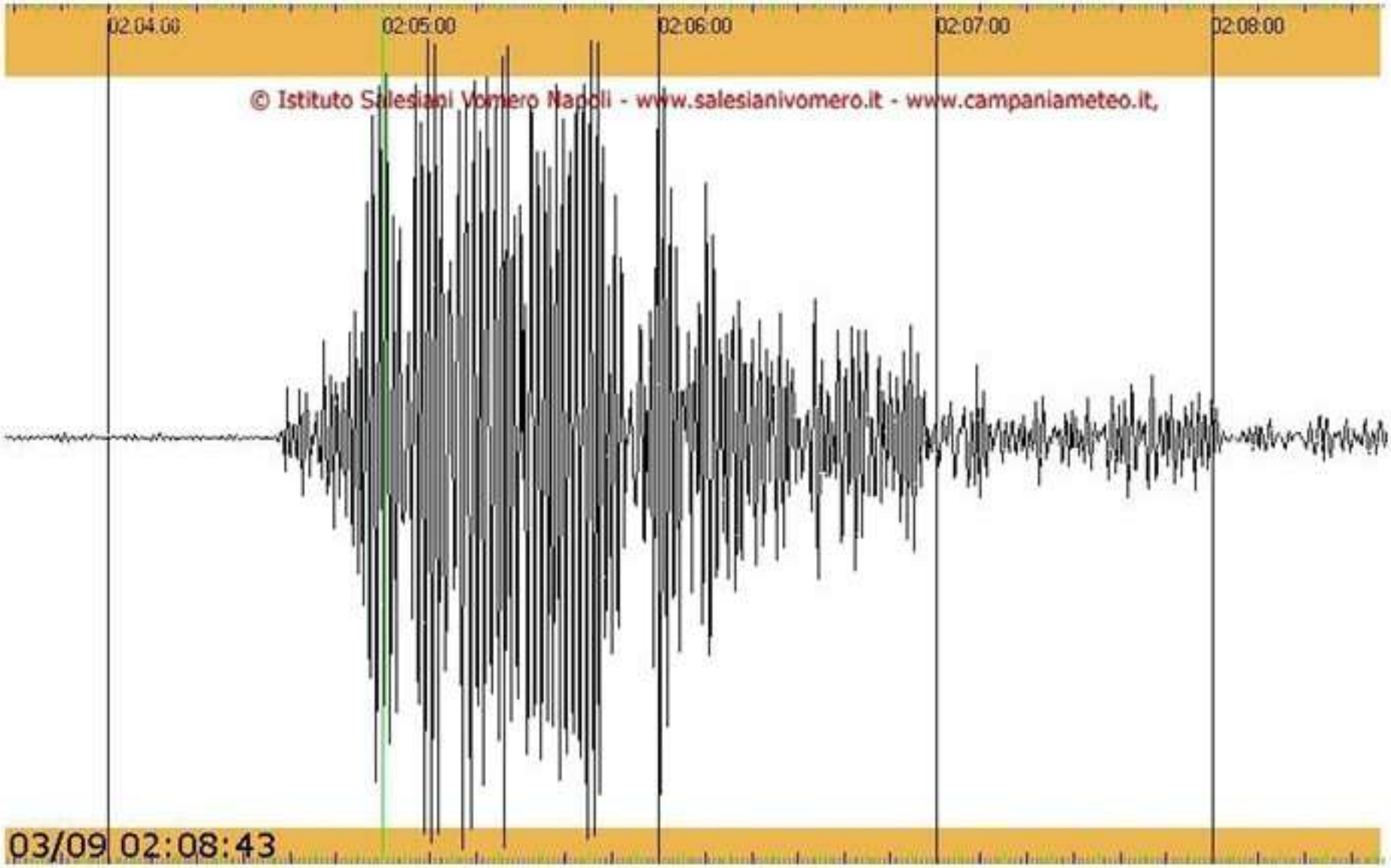


Sismograma



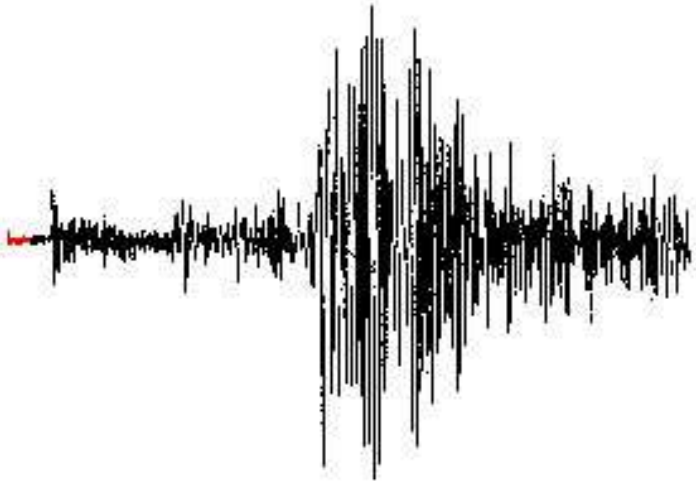
Sismograma

SISMOGRAMA


02:04:00
02:05:00
02:06:00
02:07:00
02:08:00
© Istituto Salesiani Vomero Napoli - www.salesianivomero.it - www.campaniameteo.it,
03/09 02:08:43

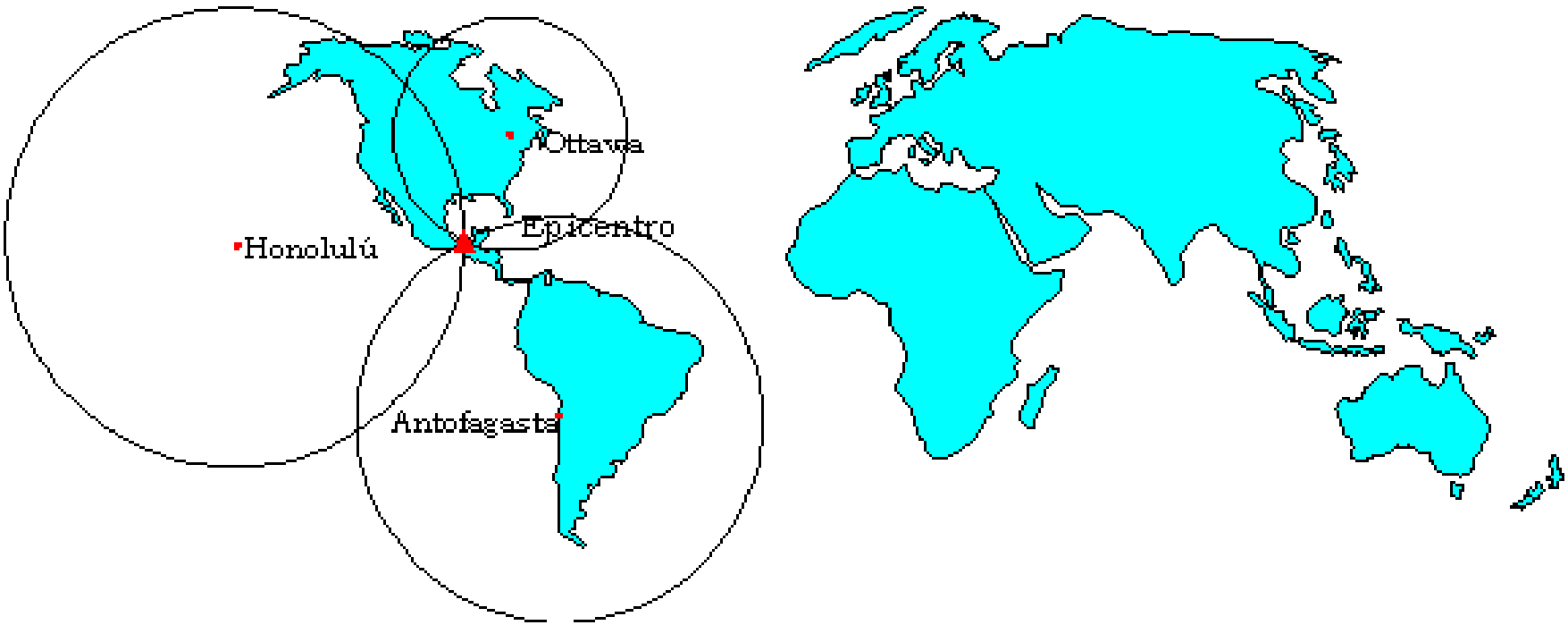
SISMOGRAMAS

Sismógrafo antiguo



Sismograma

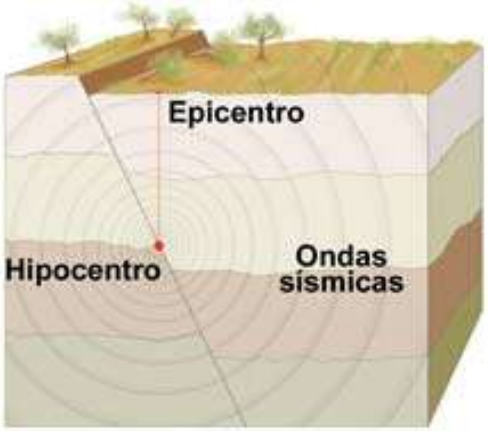
LOCALIZACIÓN DEL EPICENTRO



Cálculo del epicentro

$$d = V_p \cdot t = V_s\,(t - \text{RETARDO})$$

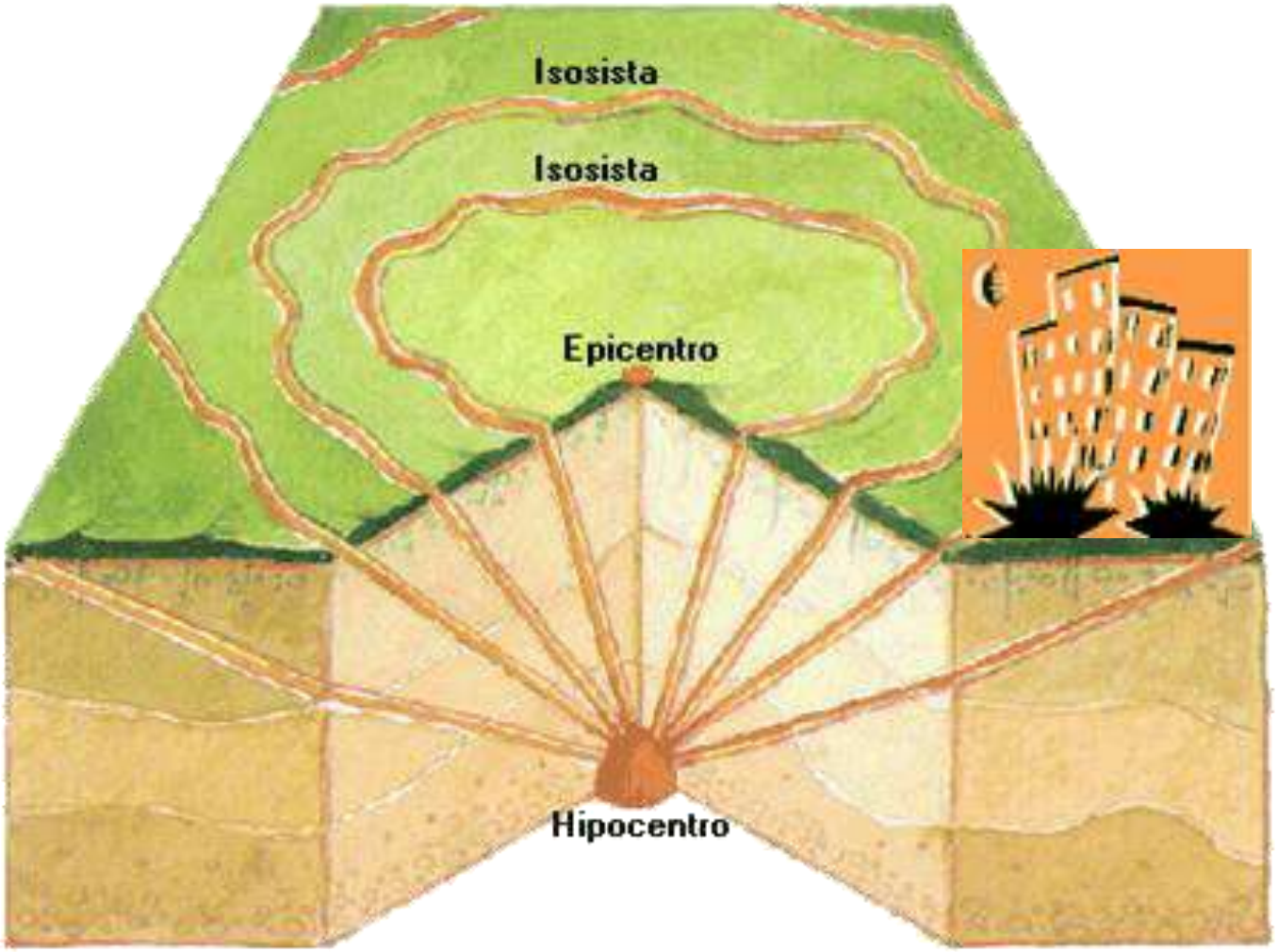
$$d = \frac{\text{RETARDO}}{\dfrac{1}{V_s} - \dfrac{1}{V_p}}$$



ESCALA MKS (MIDE LA INTENSIDAD DEL TERREMOTO)

Grado I	Sacudida sentida por muy pocas personas en condiciones especialmente favorables.
Grado II	Sacudida sentida sólo por pocas personas en reposo, especialmente en los pisos altos. Los objetos suspendidos pueden oscilar.
Grado III	Sacudida sentida claramente en los interiores, especialmente en los pisos altos de los edificios. Los vehículos estacionados pueden moverse ligeramente.
Grado IV	Sacudida sentida por muchas personas en los interiores, por pocas en el exterior. Por la noche algunas despiertan. Vibración de vajillas, vidrios de ventanas y puertas; los muros crujen.
Grado V	Sacudida sentida casi por todo el mundo; muchos despiertan. La vajilla se rompe; caen objetos. Se observan perturbaciones en los árboles, postes,... Se detienen de relojes de péndulo.
Grado VI	Sacudida sentida por todo mundo; muchas personas huyen. Algunos muebles cambian de sitio. Daños ligeros.
Grado VII	Advertido por todos. La gente huye al exterior. Daños sin importancia en edificios de buena construcción. Estimado por las personas conduciendo vehículos.
Grado VIII	Daños ligeros en estructuras de diseño bueno; considerable en edificios ordinarios. Caída de chimeneas, columnas, muros... Los muebles pesados se vuelcan. Cambio en el nivel del agua de los pozos.
Grado IX	Daño considerable en las estructuras de diseño bueno. Los edificios salen de sus cimientos. El terreno se agrieta notablemente. Las tuberías subterráneas se rompen.
Grado X	La mayor parte de las estructuras de mampostería se destruyen. Agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se tuercen. Deslizamientos en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes.
Grado XI	Casi ninguna estructura de mampostería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Gran torsión de vías férreas.
Grado XII	Destrucción total. Ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel (ríos, lagos y mares.

ISOSISTAS



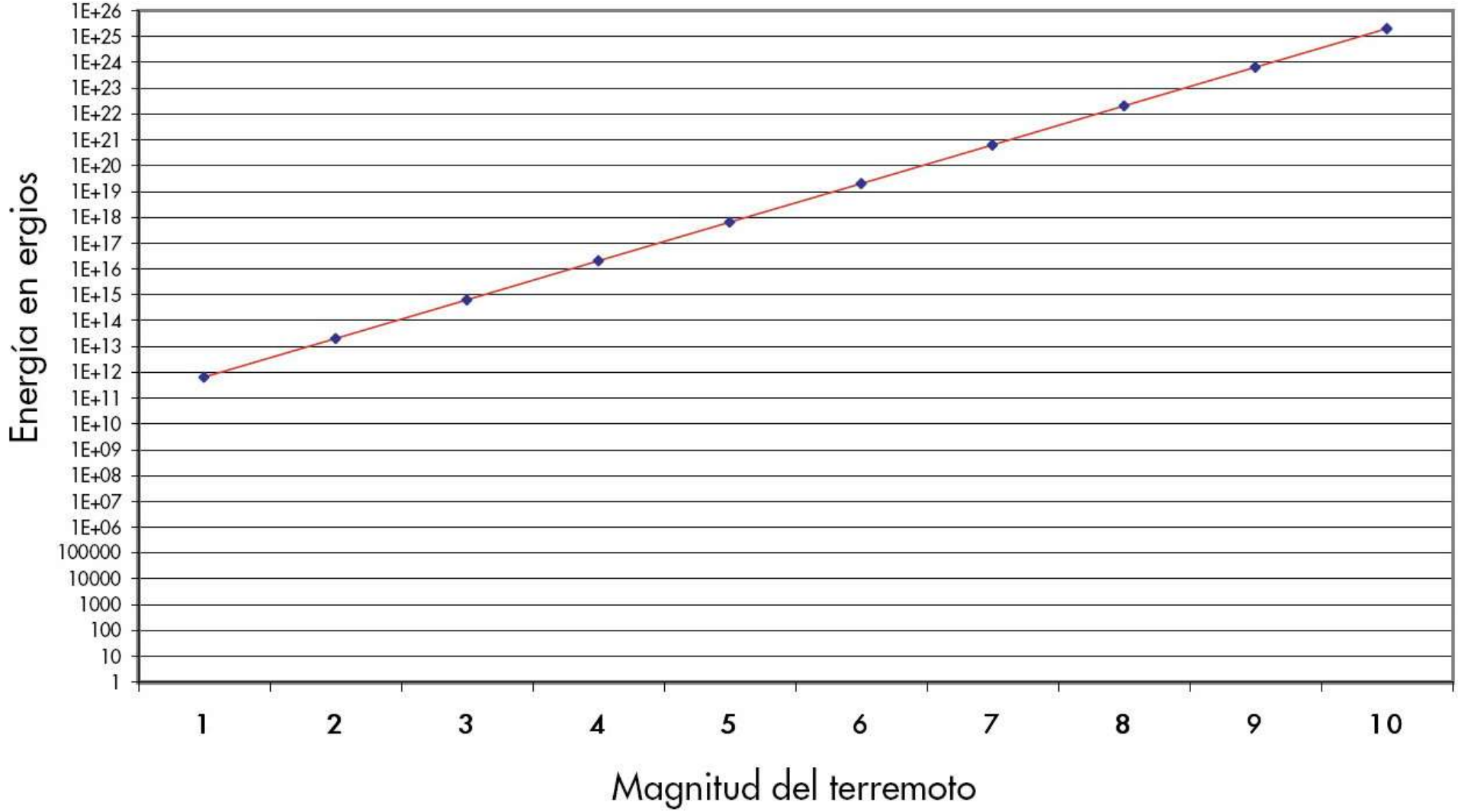
ESCALA DE RICHTER (MIDE LA MAGNITUD DEL TERREMOTO)

Terremotos- *Magnitud en escala Richter- Efectos del terremoto* La magnitud de un terremoto relaciona la energía liberada y sus efectos.	
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado
3.5-5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores.
5.5-6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios.
6.1-6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas donde vive mucha gente.
7.0-7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños.
8 o mayor	Gran terremoto. Destrucción total de comunidades cercanas

amplitud máxima = A
periodo de la onda = T
constante = D

$$m = \log (A/T) + D$$

LA ENERGÍA DE LOS TERREMOTOS. MAGNITUD DEL MOMENTO

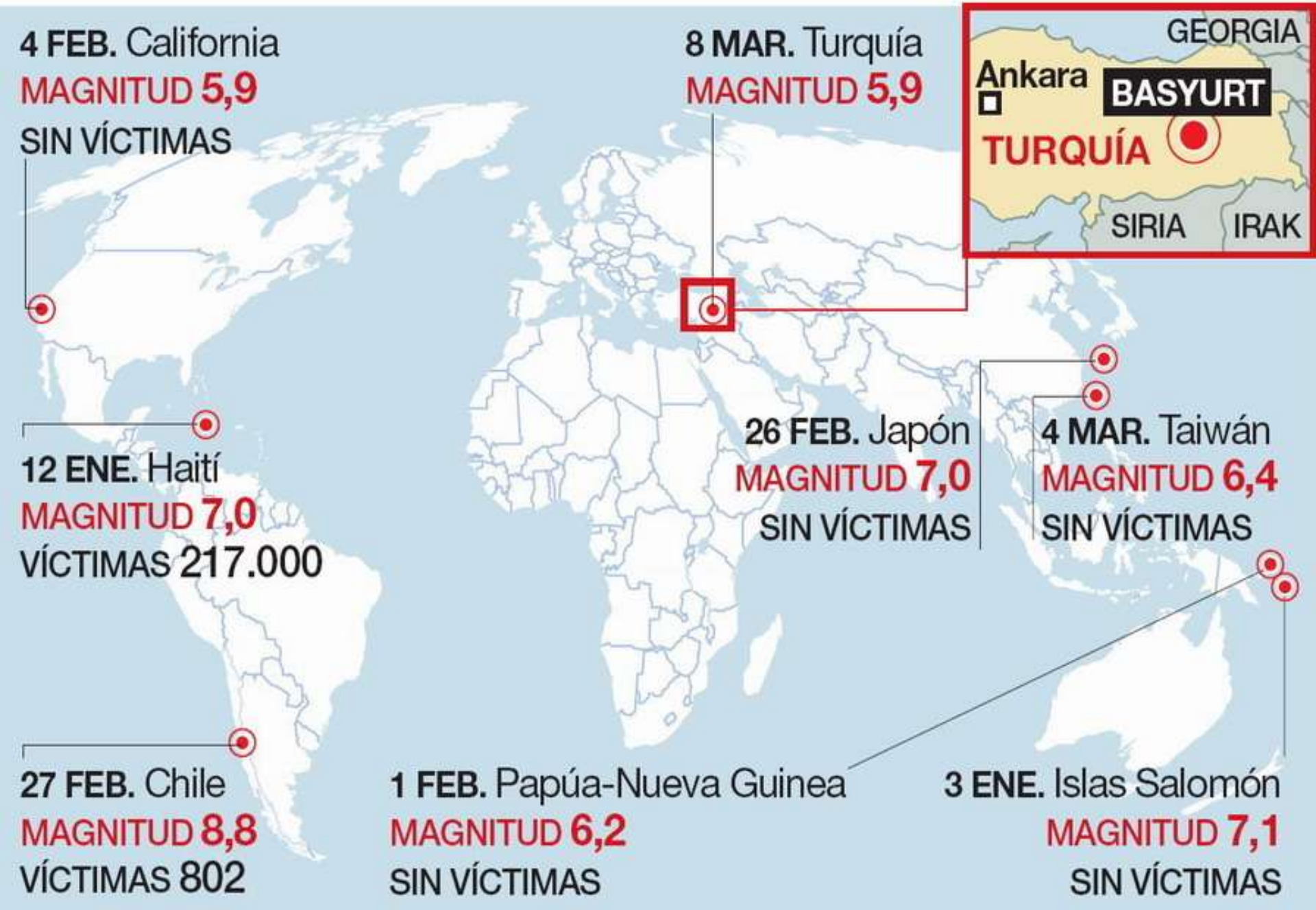


Se sabe que la escala Richter no diferencia bien los terremotos de gran intensidad. Por ello se está utilizando otro método, el de magnitud del momento, que permite diferenciar mejor los grandes terremotos entre sí. Con este método el terremoto de San Francisco de 1906 tendría una intensidad de 7,9, y el de Chile (1960), una magnitud de 9,6.

RELACIÓN ENTRE LA MAGNITUD Y LA INTENSIDAD

Magnitud (escala de Richter)	Número de terremotos por año	Intensidad (escala de MSK)*	Descripción del grado de destrucción en zonas pobladas
< 3,4	800 000	I	No se siente. Solo lo detectan los sismógrafos.
3,5 - 4,2	30 000	II y III	Puede sentirse en el interior de los edificios. Los objetos colgados se balancean. Produce vibraciones como las del paso de un camión pequeño.
4,3 - 4,8	4 800	IV	Se siente en el interior de los edificios, e incluso en el exterior. Los coches se mueven ligeramente. Ventanas, platos y puertas vibran.
4,9 - 5,4	1 400	V	Se siente en exteriores. Se rompen algunas ventanas y platos. Las puertas baten, se mueven contraventanas y cuadros. Los relojes de péndulo cambian de ritmo. Algunos objetos pequeños pueden moverse.
5,5 - 6,1	500	VI y VII	Lo siente todo el mundo. Algunos edificios pueden sufrir importantes daños. Los platos, ventanas y cristalerías se rompen. Los cuadros se caen; los libros saltan de los estantes; los muebles se mueven o se caen. Los árboles y los arbustos se balancean ostensiblemente.
6,2 - 6,9	100	VIII y IX	Pánico general. Destrucción de edificios de construcción de baja y media calidad; daños generalizados en los cimientos y en los armazones de los edificios. Graves daños en embalses y rotura de tuberías subterráneas. Grietas patentes en el suelo.
7,0 - 7,3	15	X	Se destruyen la mayoría de edificios de calidad media, incluyendo algunos edificios de construcción buena y algunos puentes de madera. Daños muy graves en embalses. Grandes desprendimientos. Se desborda el agua de los ríos, canales, lagos, etc. Los raíles se deforman.
7,4 - 7,9	4	XI	La mayoría de edificios se destruyen. Los raíles se deforman mucho. Las tuberías subterráneas se estropean totalmente.
> 8,0	1 cada 5-10 años	XII	Destrucción casi total. Se desplazan grandes masas de rocas. Algunos objetos son arrojados al aire.

MOVIMIENTOS SÍSMICOS DEL 2010

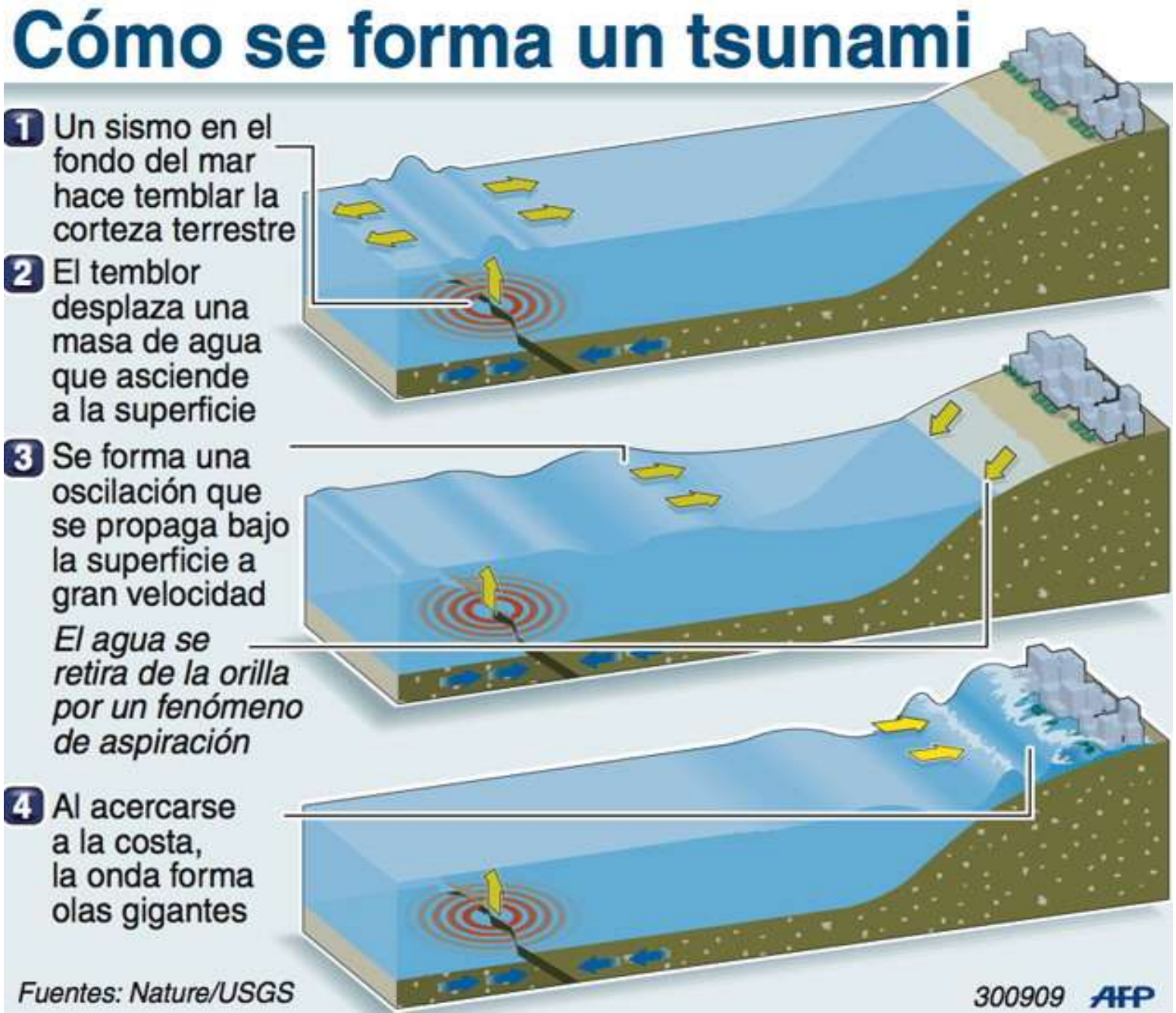


DAÑOS PRODUCIDOS POR TERREMOTOS

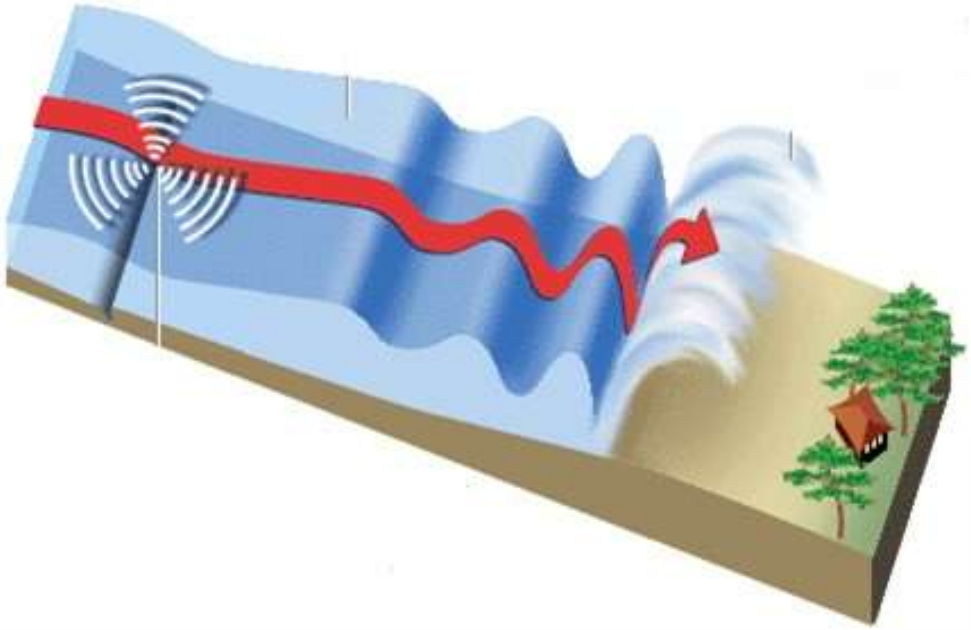
DAÑOS PRODUCIDOS POR TERREMOTOS

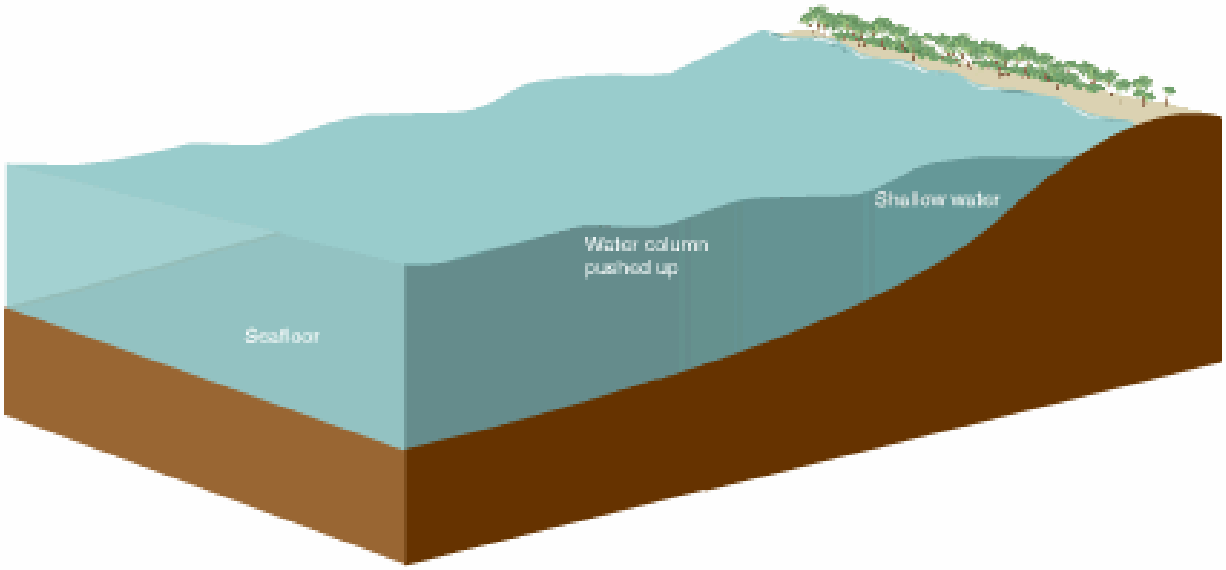
DAÑOS PRODUCIDOS POR TERREMOTOS

TSUNAMIS


Cómo se forma un tsunami
1 Un sismo en el fondo del mar hace temblar la corteza terrestre
2 El temblor desplaza una masa de agua que asciende a la superficie
3 Se forma una oscilación que se propaga bajo la superficie a gran velocidad
El agua se retira de la orilla por un fenómeno de aspiración
4 Al acercarse a la costa, la onda forma olas gigantes
Fuentes: Nature/USGS
300909
AFP

TSUNAMIS





ANTES DE LLEGAR EL TSUNAMI, EL MAR SE RETIRA

EN APARIENCIA, PARECE QUE LLEGA UNA OLA MÁS

PERO LO QUE LLEGA ES EL MISMO MAR CON MÁS ALTURA

AL LLEGAR A LA COSTA SE LIBERA TODA LA ENERGÍA

AL LLEGAR A LA COSTA SE LIBERA TODA LA ENERGÍA

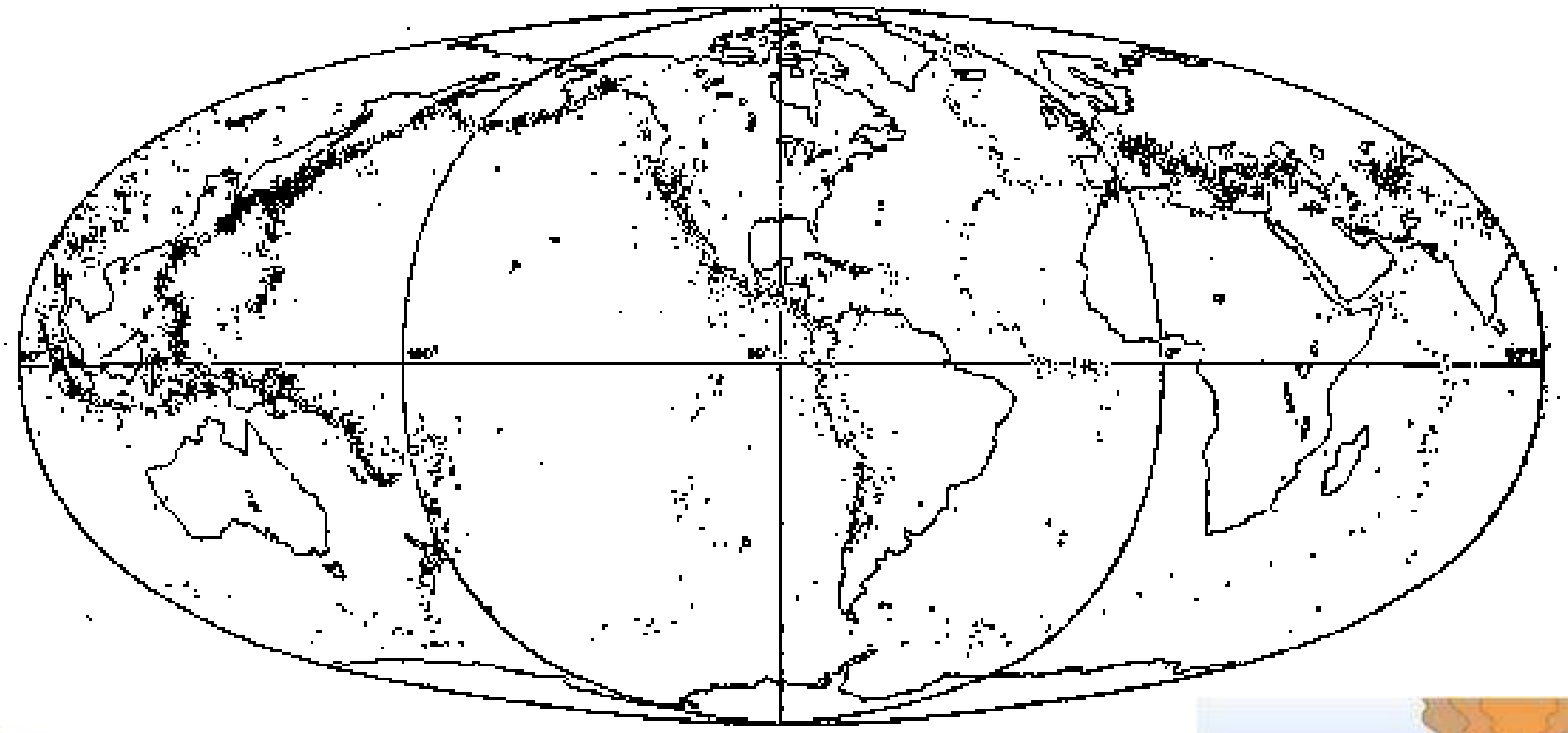
Tsunami de Japón (2011)

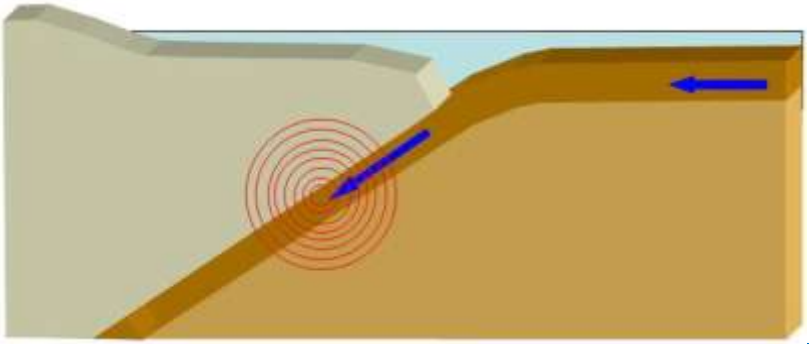
AL LLEGAR A LA COSTA SE LIBERA TODA LA ENERGÍA

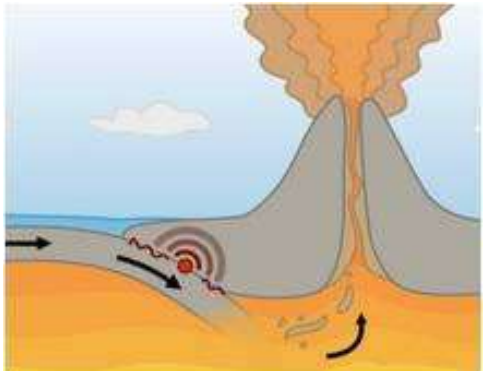
LOS DAÑOS SON DE CATÁSTROFE TOTAL

LOS DAÑOS SON DE CATÁSTROFE TOTAL

DISTRIBUCIÓN DE LOS TERREMOTOS





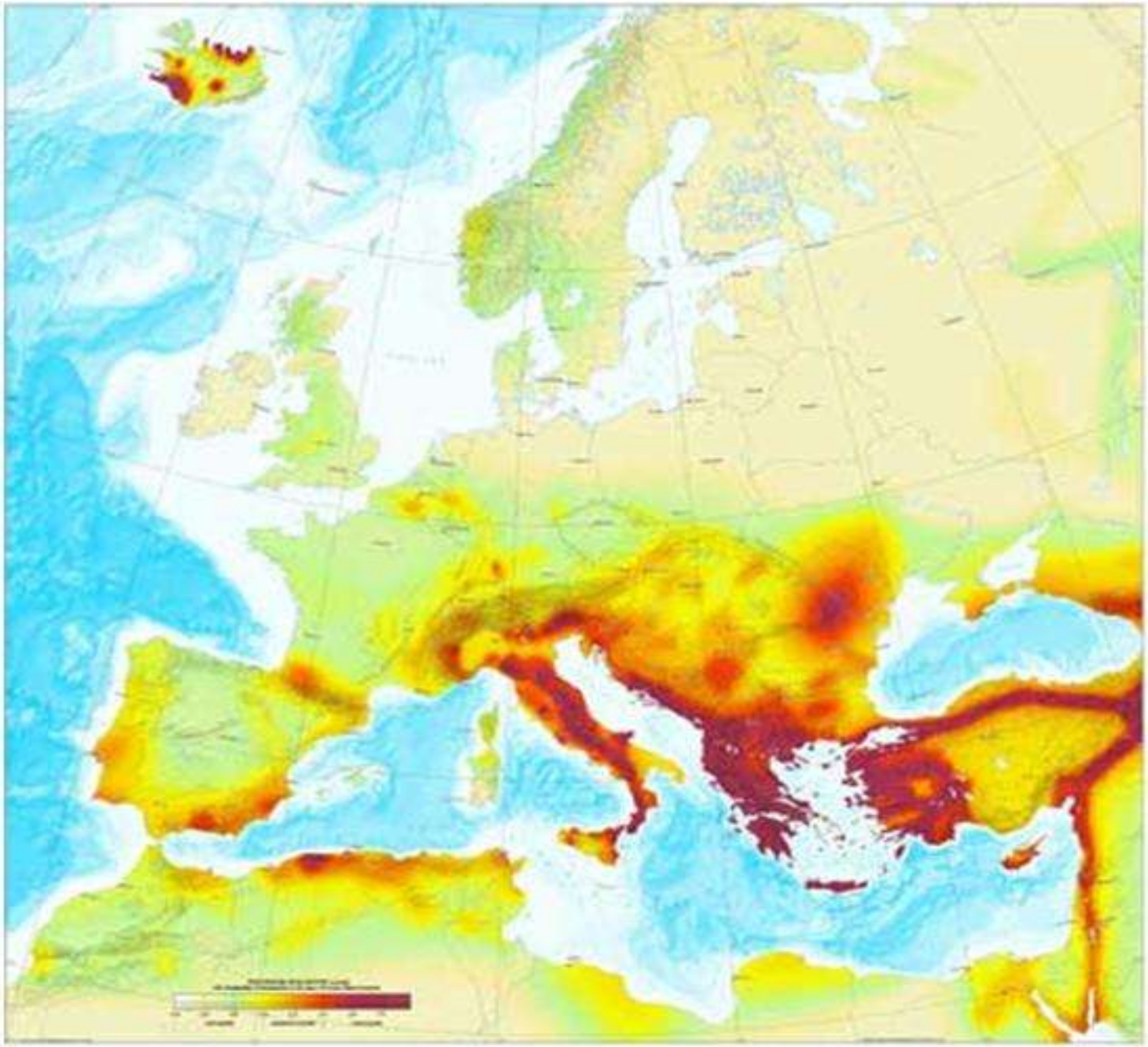


Los seísmos tectónicos son producidos por el movimiento relativo de las placas, y por ello coinciden sus límites, sobre todo en los convergentes.

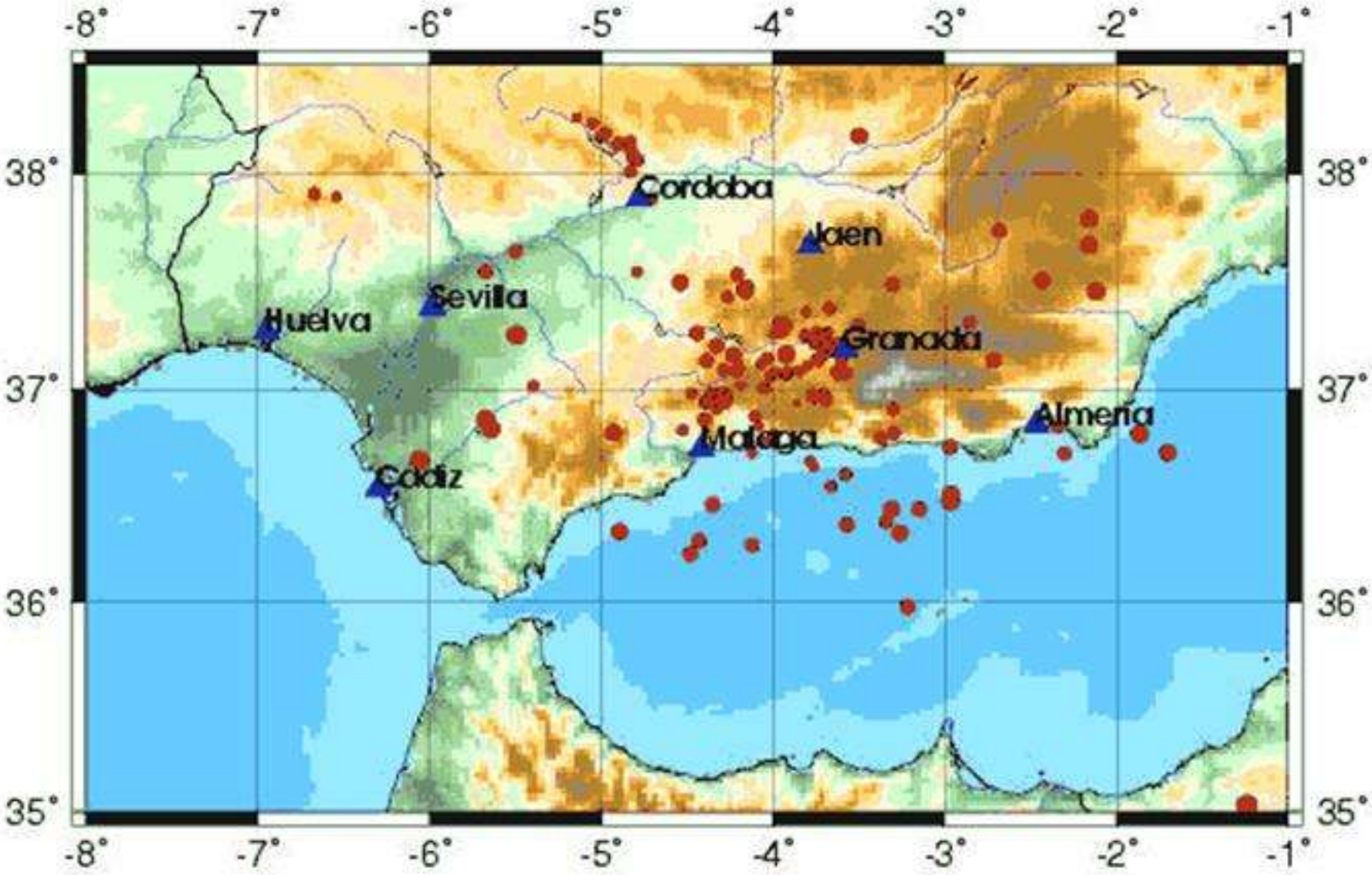
RIESGO SÍSMICO EN EUROPA

Mapa de Europa de riesgo sísmico.

http://www.alertaterremotos.com/mapas.htm



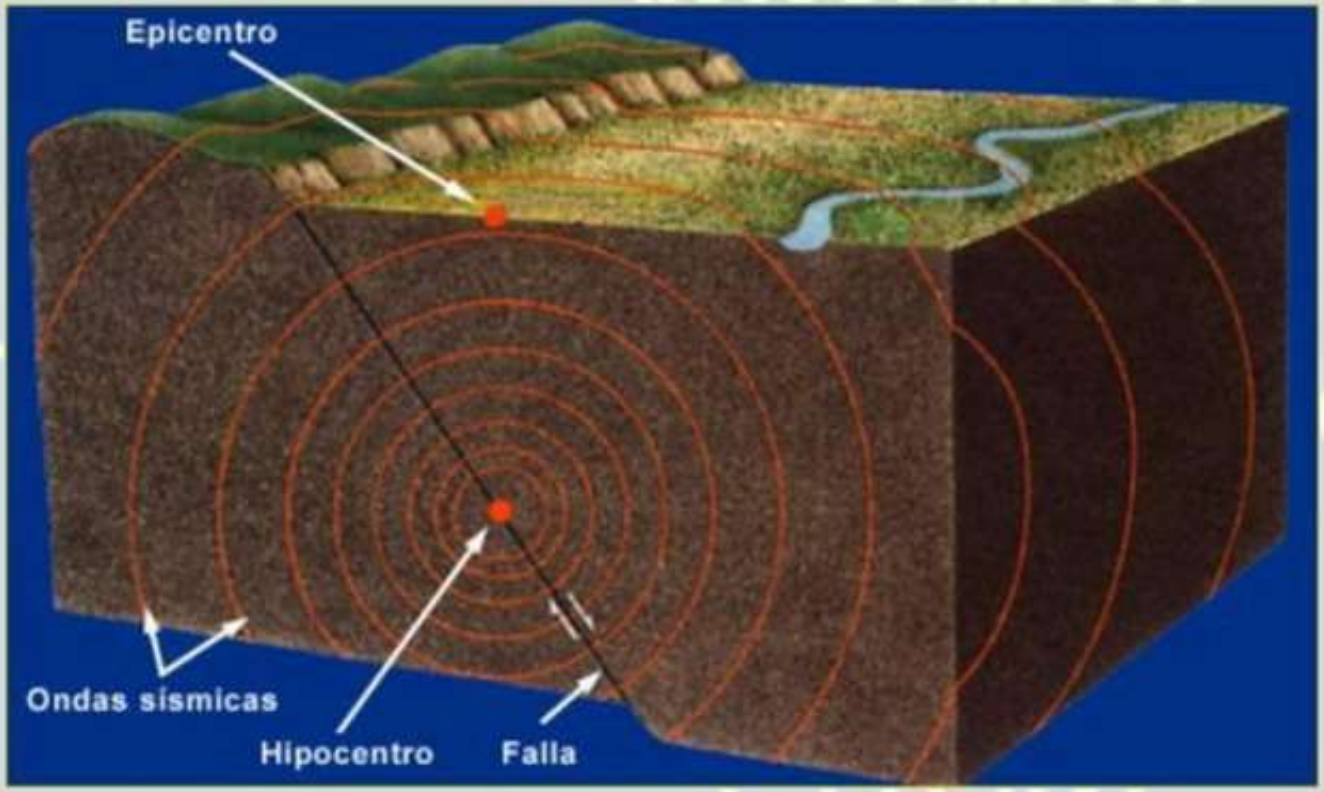
RIESGO SÍSMICO EN ESPAÑA



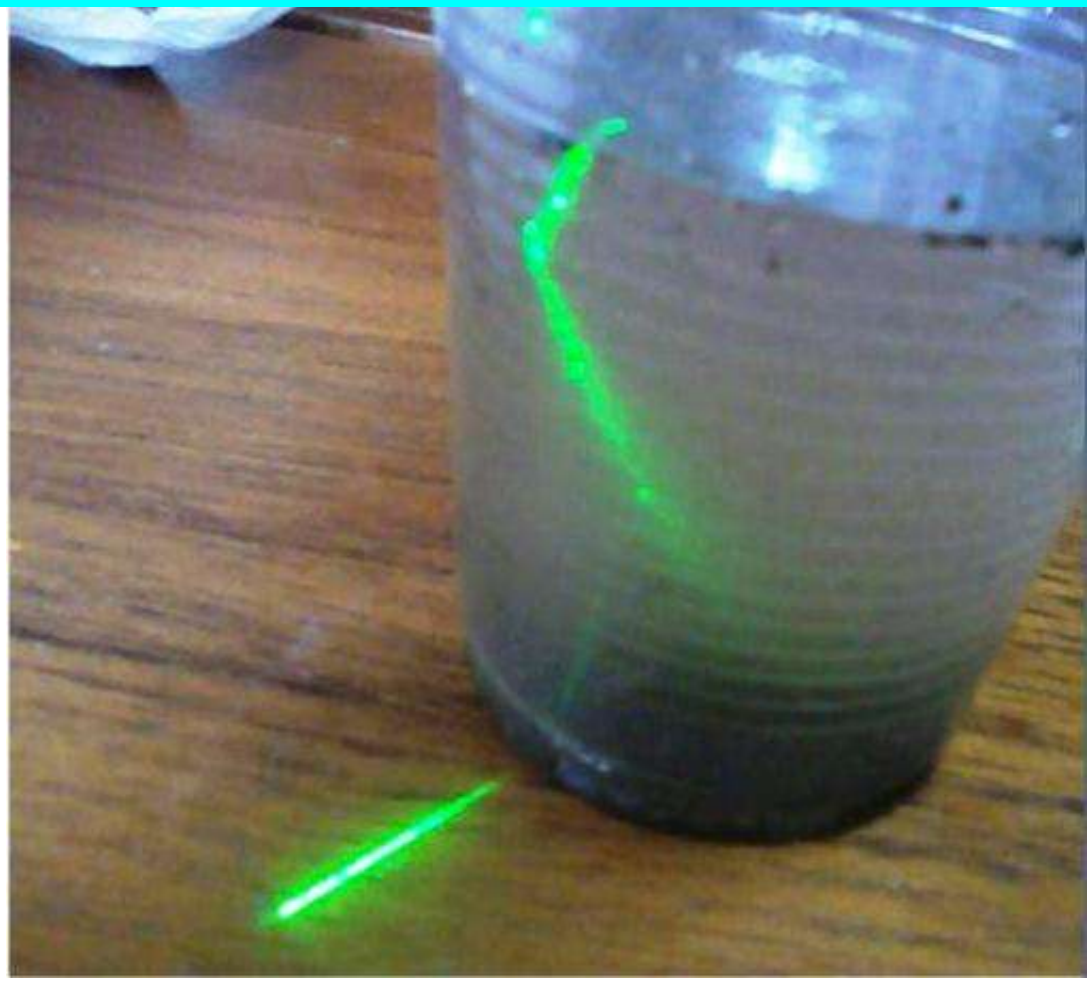
http://www.ugr.es/~iag/div.html

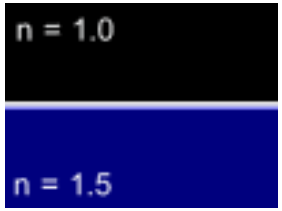
La PLACA AFRICANA ESTÁ VASCULANDO SOBRE la EUROASIÁTICA

Ondas sísmicas y estructura interna de la Tierra



REFRACCIÓN DE LOS RAYOS DE LUZ

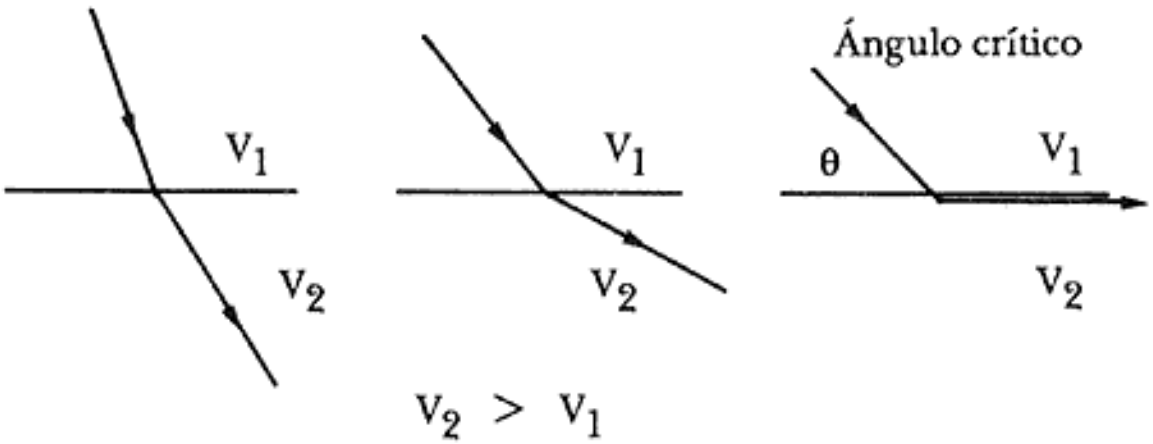


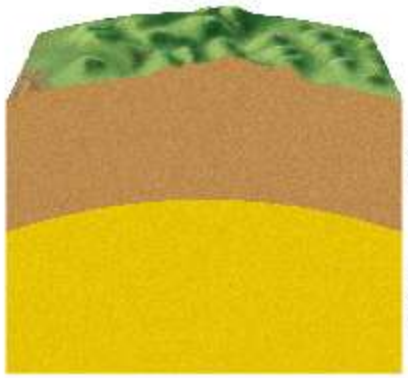


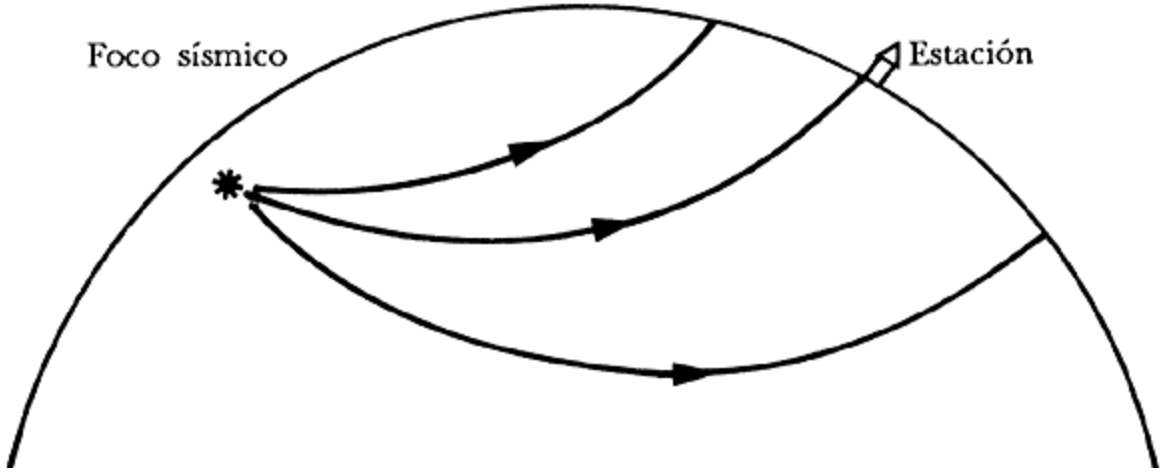
Ley de Snell

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{v_i}{v_r} = \text{cte.}$$

COMPORTAMIENTO DE LOS RAYOS SÍSMICOS







Las ondas sísmicas se refractan, lo que prueba que el interior de la Tierra no es homogéneo.

COMPORTAMIENTO DE LAS ONDAS SÍSMICAS

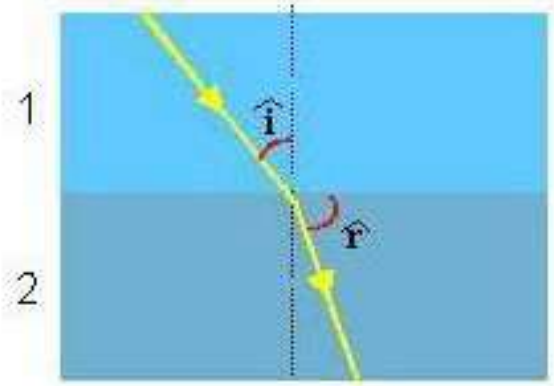
La velocidad a la que se propagan las ondas depende de las características de los materiales por los que viajan. Cada cambio en la velocidad provoca un cambio en la dirección de la onda (refracción).

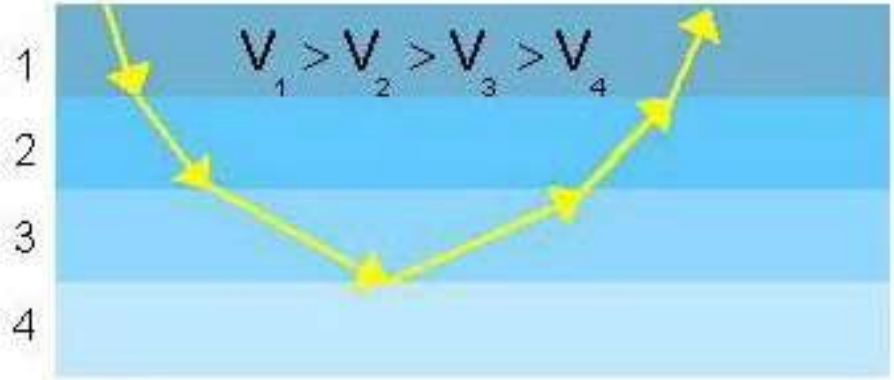
$V_2 > V_1$

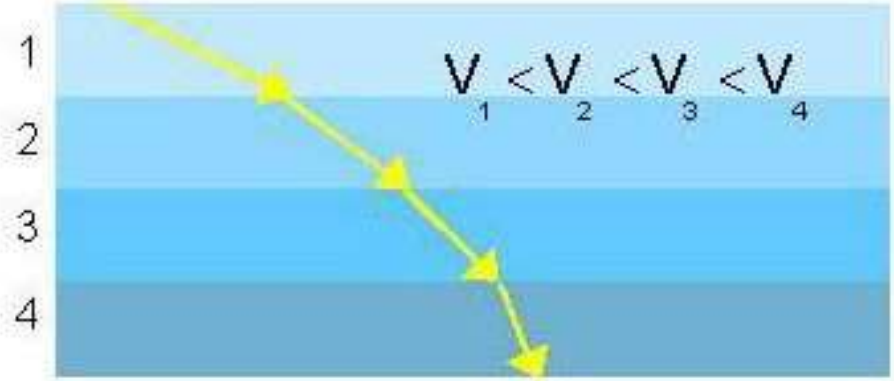
$\hat{r} > \hat{i}$

$V_2 < V_1$

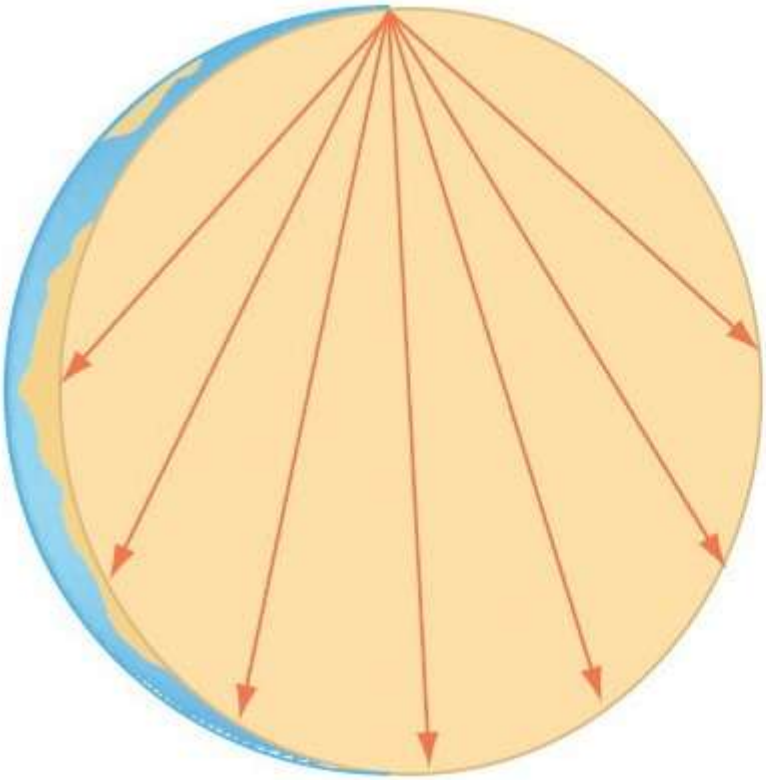
$\hat{r} < \hat{i}$







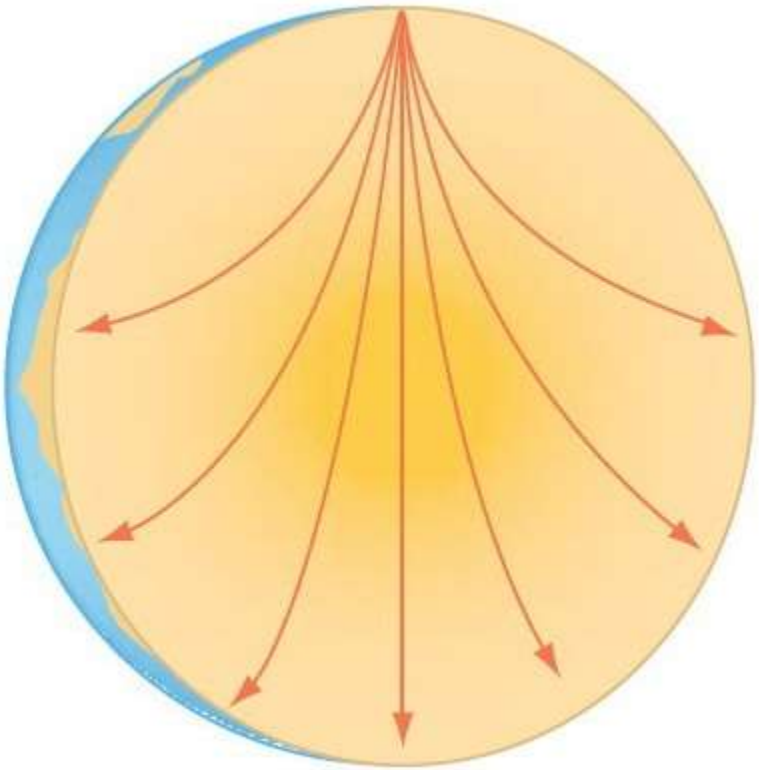
COMPORTAMIENTO DE LAS ONDAS SÍSMICAS



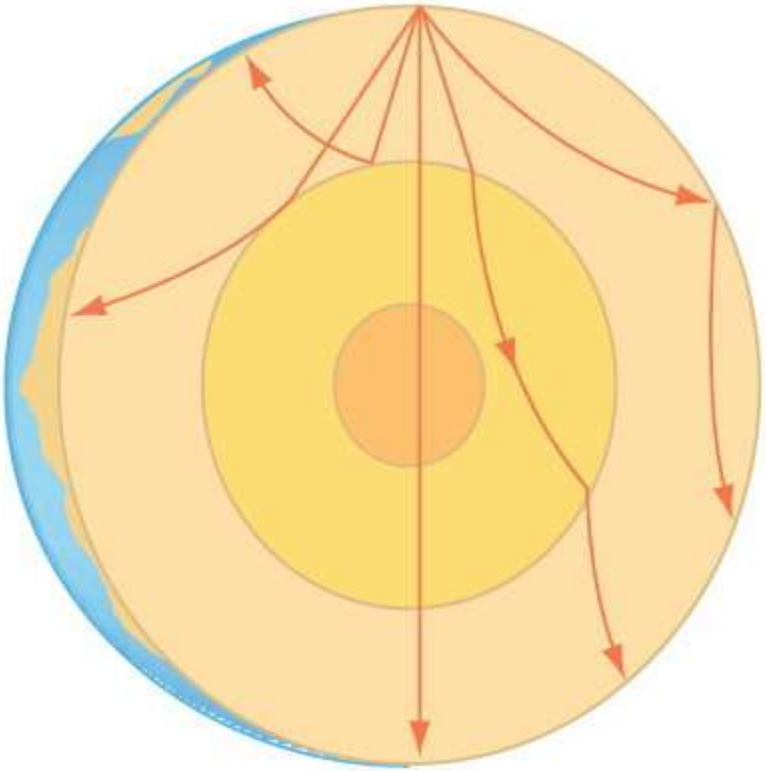
Comportamiento de las ondas sísmicas en un planeta homogéneo.

COMPORTAMIENTO DE LAS ONDAS SÍSMICAS

Comportamiento de las ondas sísmicas en un planeta cuya densidad aumenta hacia el centro.

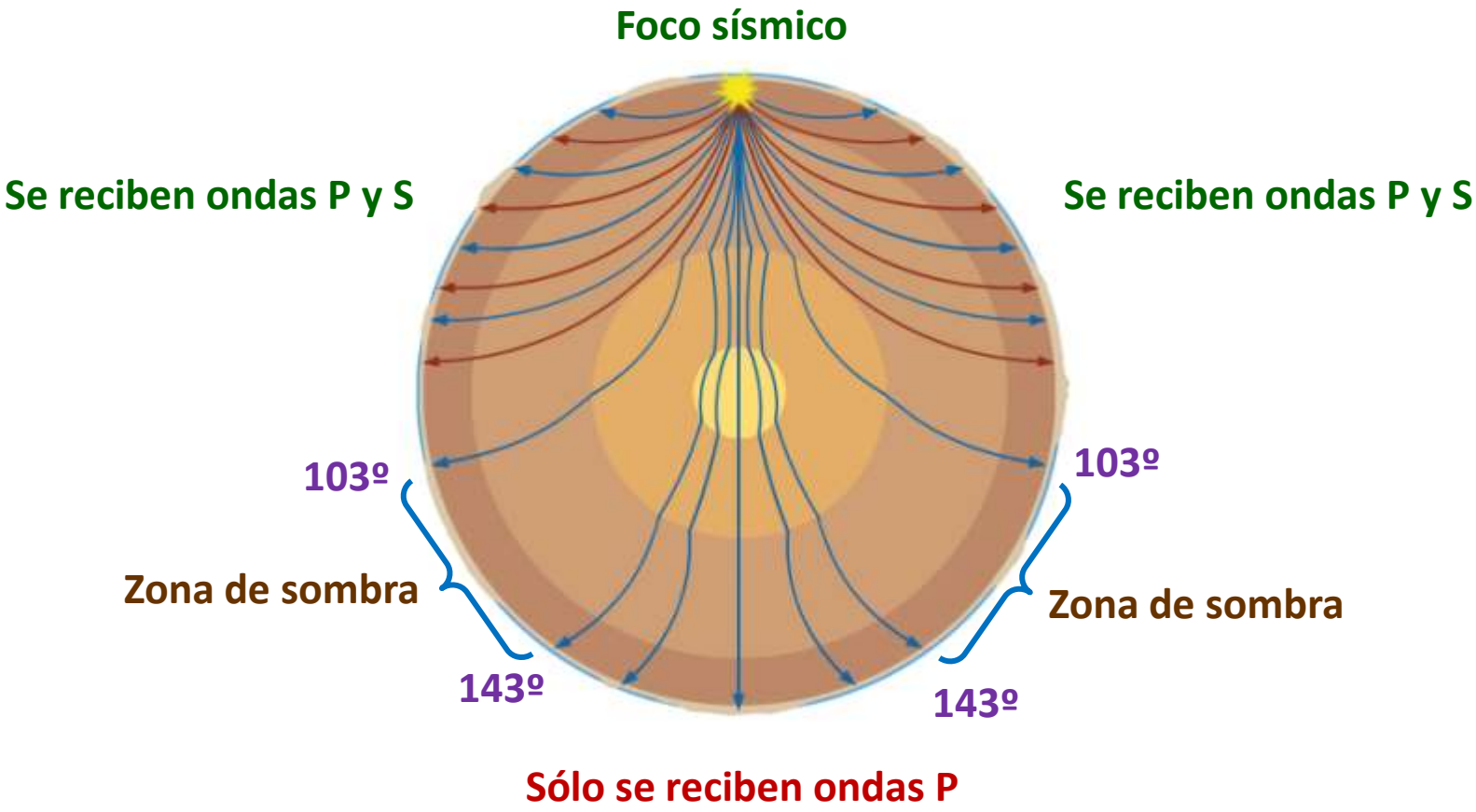


COMPORTAMIENTO DE LAS ONDAS SÍSMICAS



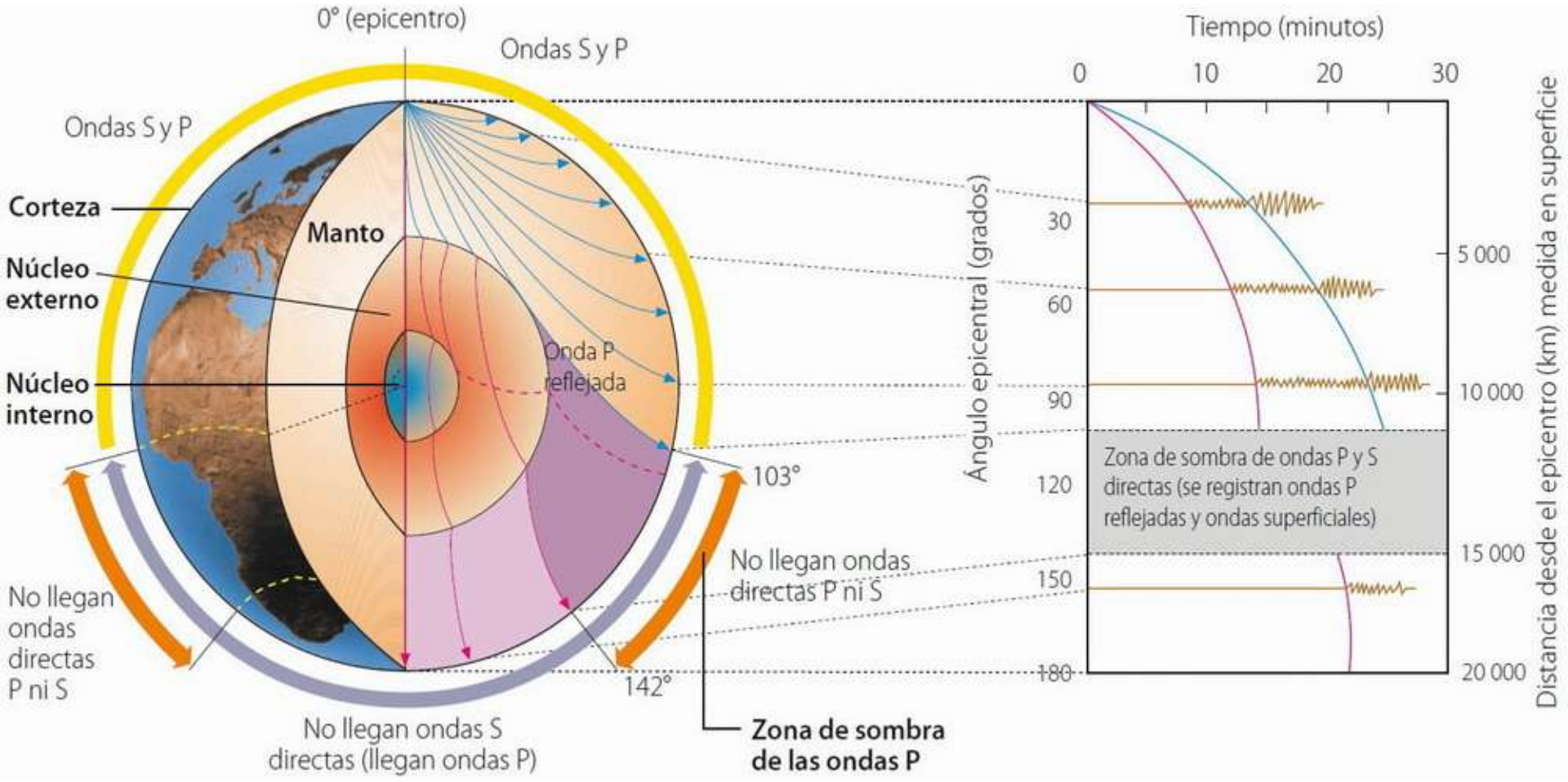
Comportamiento de las ondas sísmicas en un planeta cuyo interior está ordenado en capas de densidad creciente hacia el centro.

ZONA DE SOMBRA DE LA ONDAS SÍSMICAS

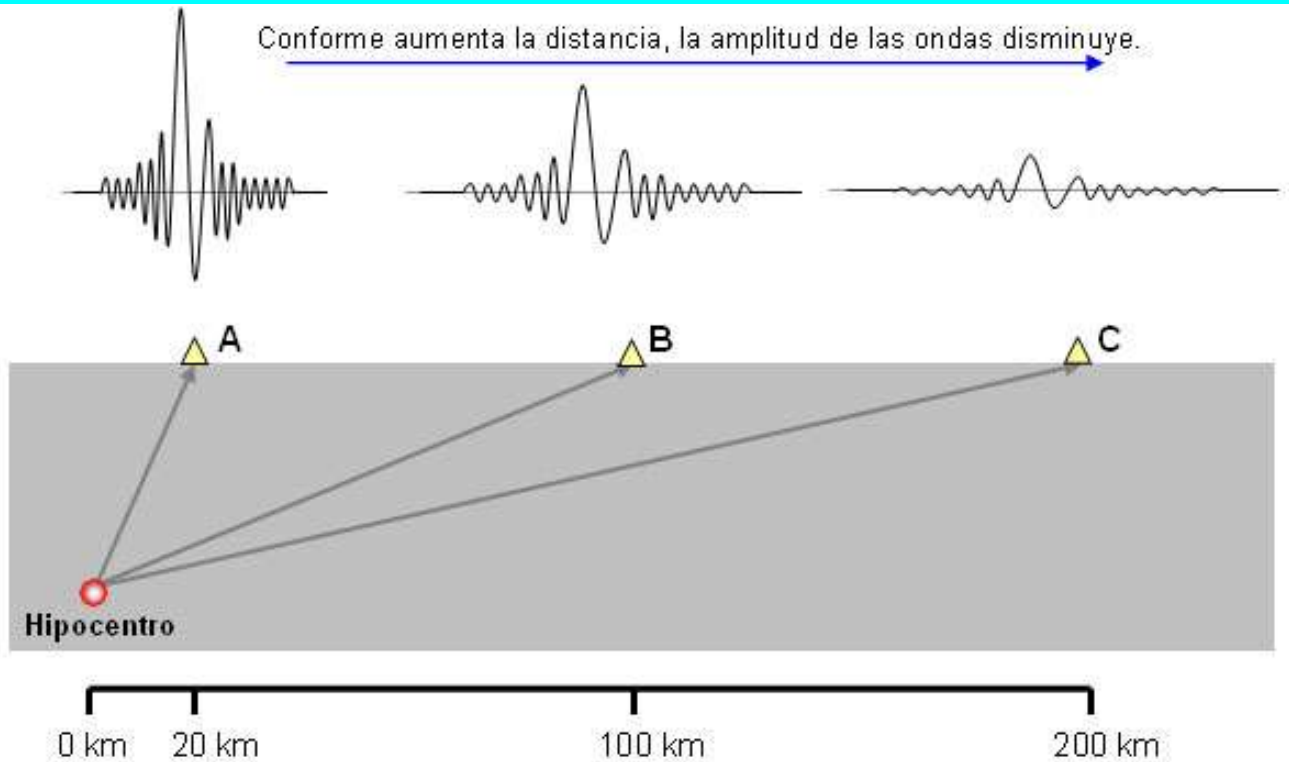


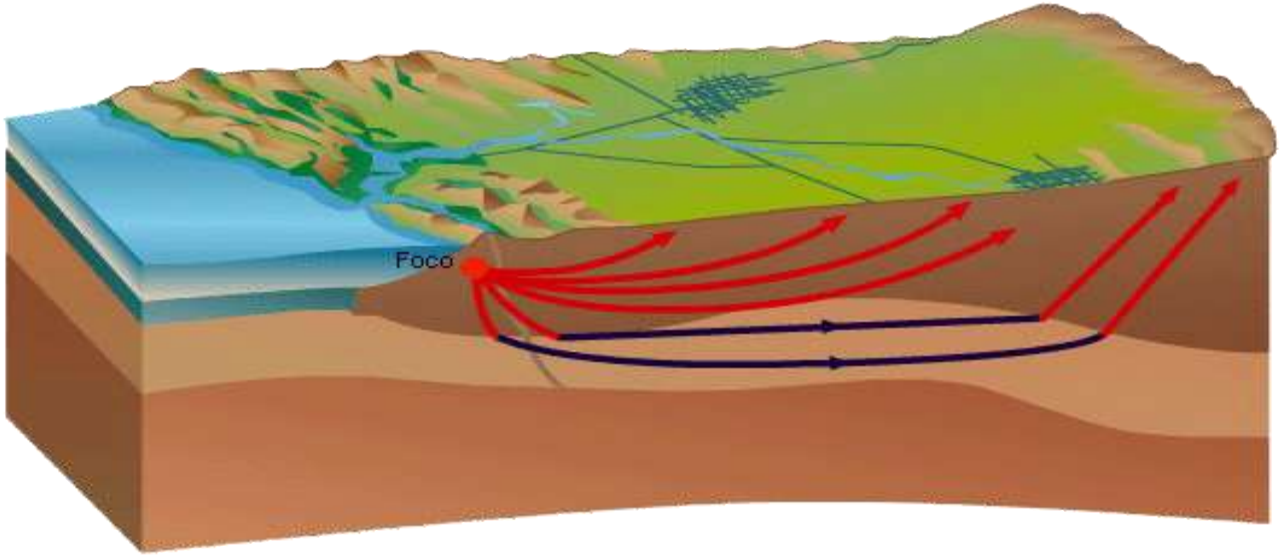
La zona de sombra indica que el núcleo externo es *fluido*.

ZONA DE SOMBRA DE LA ONDAS SÍSMICAS

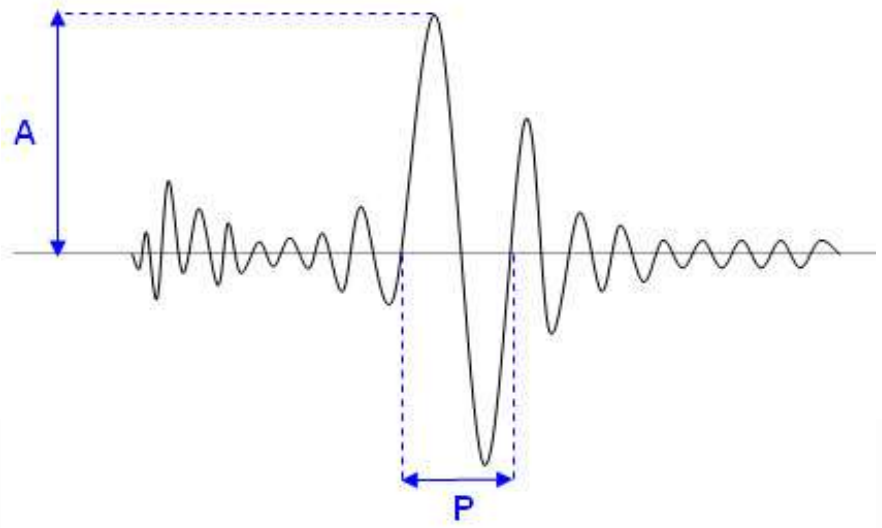


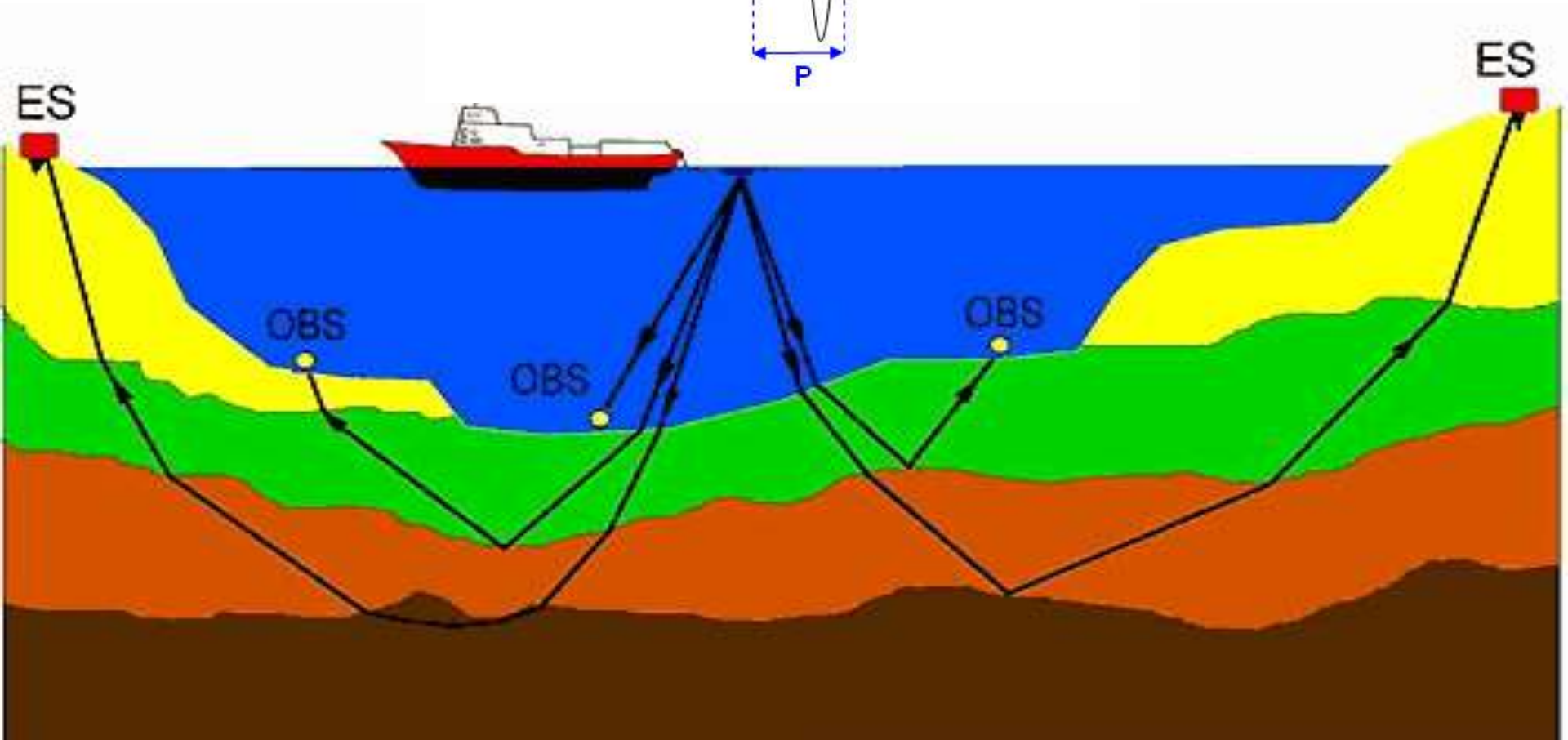
MÉTODO SÍSMICO



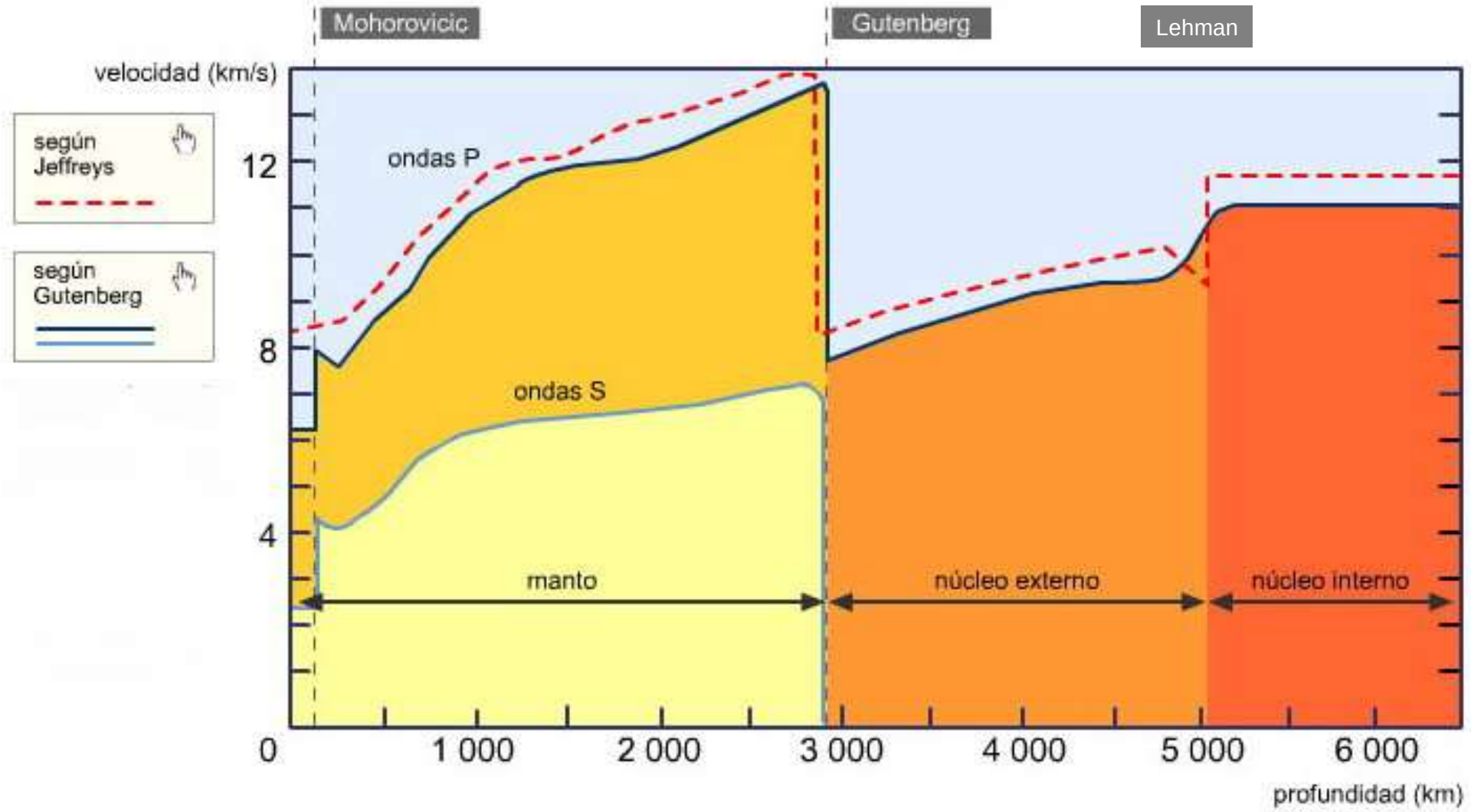


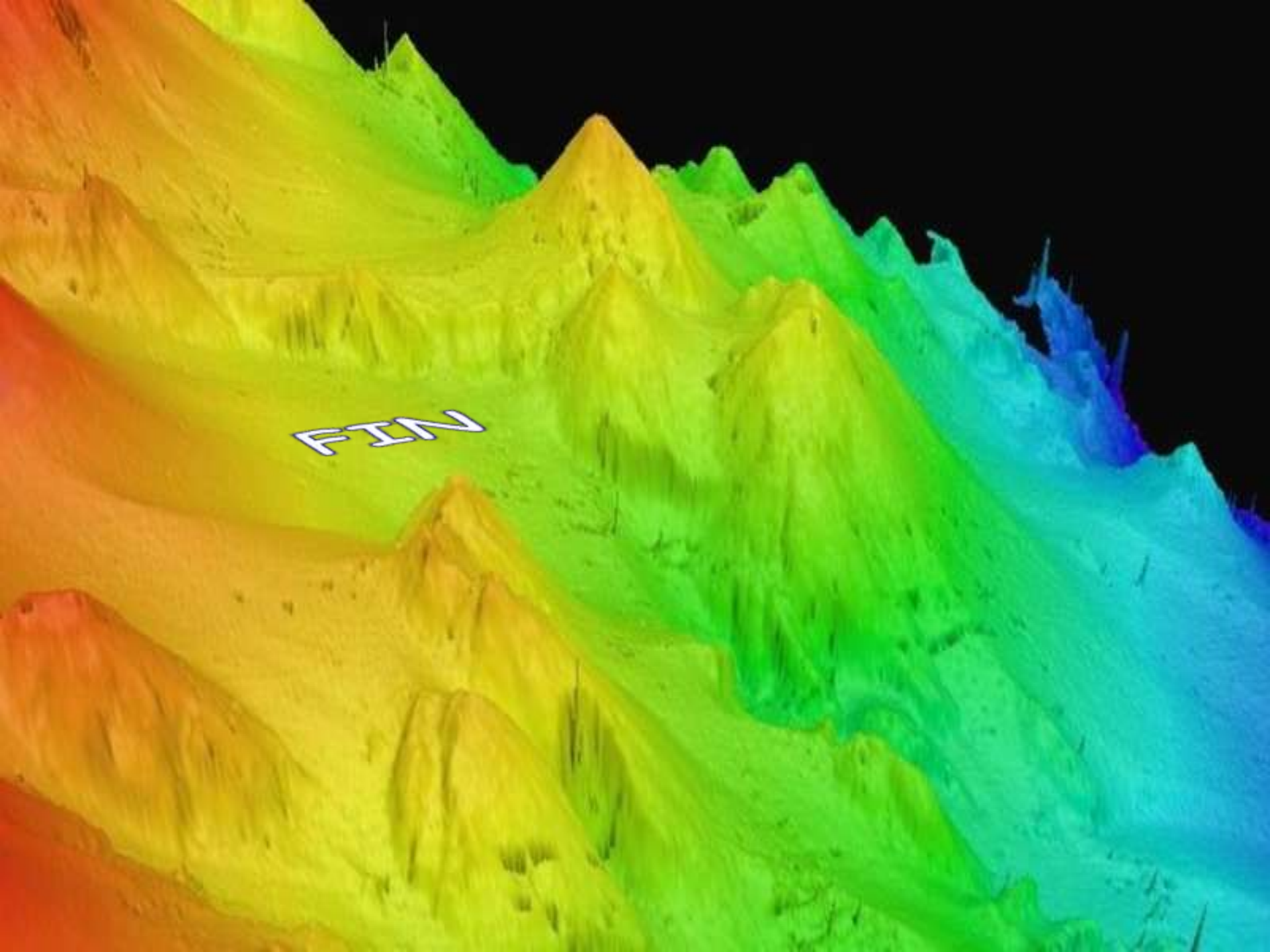
MÉTODO SÍSMICO





GRÁFICA DE PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS SÍSMICAS




FIN