

Clase n° 2: ¿Qué onda la onda?

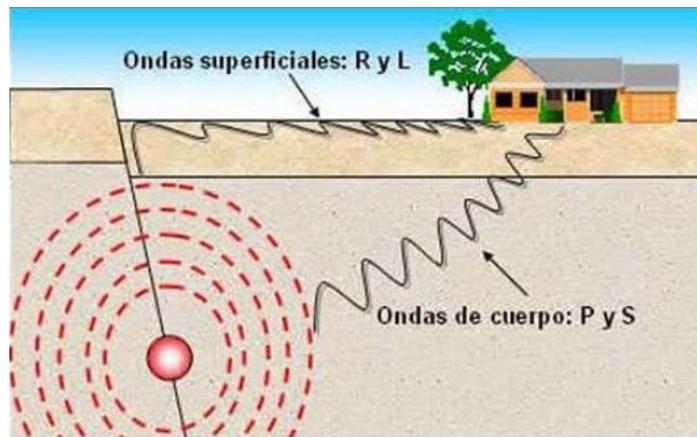
Ondas sísmicas y formas de medir el tamaño de los terremotos

TERREMOTO

Es un fenómeno de sacudida brusca y pasajera en la corteza terrestre producida por la liberación de energía acumulada en forma de ondas sísmicas

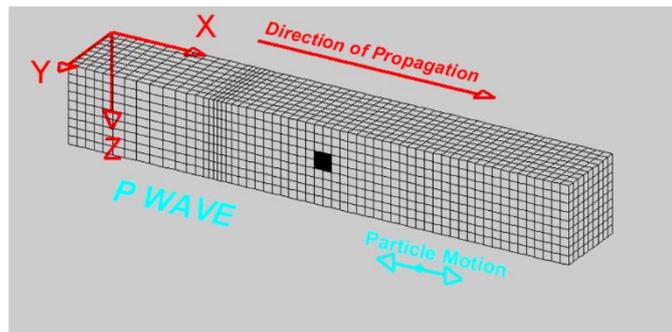
ONDAS SÍSMICAS

Cuando se produce en alguna falla una ruptura o un terremoto, hay una propagación de ondas que después es sentida en cierto lugar. Uno de los tipos de onda son las ondas de cuerpo: P y S y, el otro tipo de onda son las superficiales: R y L (Rayleigh y Love).



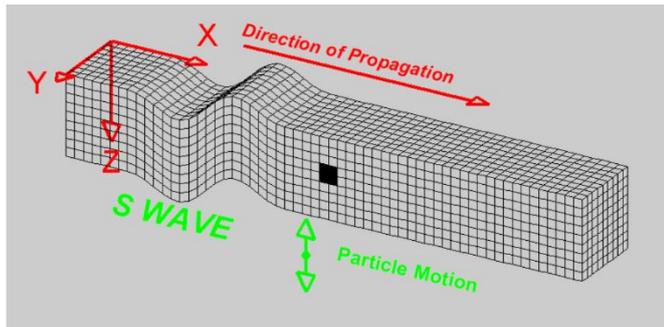
ONDAS DE CUERPO O INTERNAS

- 1) **ONDAS P:** Las ondas P u ondas primarias reciben su nombre por ser las primeras en llegar. Tienen un tipo de propagación que va en el mismo sentido que el movimiento (longitudinal), es decir, las ondas se mueven

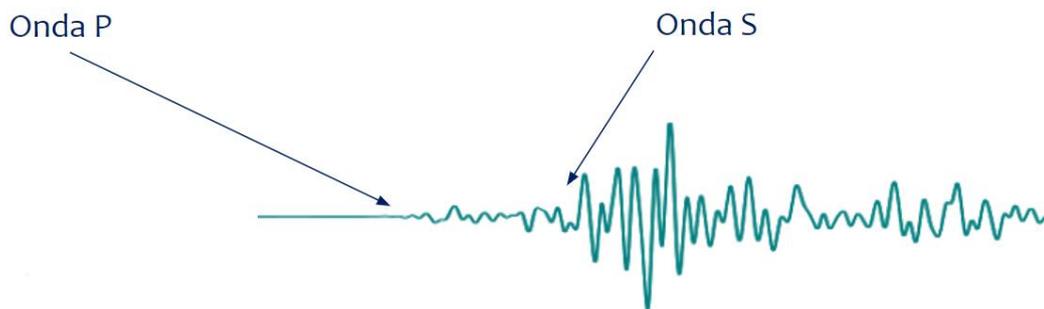


horizontalmente si es que la dirección de propagación también es horizontal y, es por esta razón que se les considera eficientes debido a que este tipo de movimiento hace que sean más veloces que las demás ondas. Pueden viajar en medios sólidos o medios líquidos.

2) **ONDAS S:** Reciben su nombre por ser ondas secundarias, es decir, la segunda onda en llegar después de las ondas P. Al contrario de las ondas P, se les conoce como ondas transversales o de cizalle pues la dirección de propagación es perpendicular al movimiento, dicho de otra manera, se mueven verticalmente mientras la propagación es horizontal (en el caso representado en la imagen). Sólo pueden viajar en medios sólidos.



Entonces, lo que un sismólogo ve cuando observa las ondas internas o de cuerpo es:

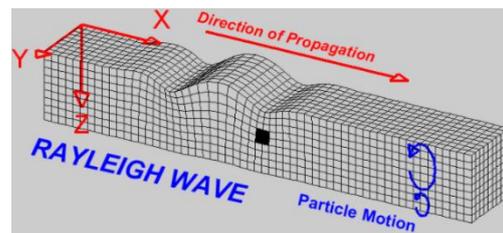
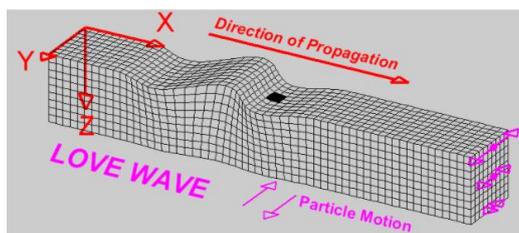


La onda P, que es el primer movimiento: es más rápida que la onda S, pero de menor amplitud que esta. Un ejemplo podría ser cuando uno está sentado en la cama viendo Netflix y de repente siente un temblor pequeñito, que sería la onda P y, luego se siente una sacudida más grande, que correspondería a la onda S.

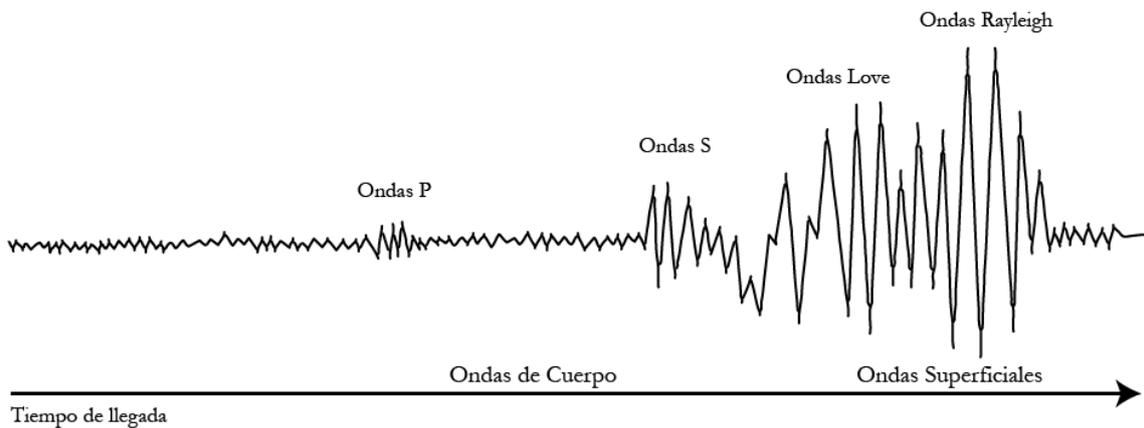
ONDAS SUPERFICIALES

Se tienen dos ondas que se denominan de esa manera por las personas que las descubrieron. Se producen cuando las ondas P y S llegan a la superficie e interactúan entre sí. Son las que causan más daños en las construcciones; las ondas S también causan daño debido a su amplitud, pero aun así son las superficiales las principales causantes de daños debido al tipo de movimiento que tienen.

Las ondas Love tienen un movimiento horizontal de corte y las ondas Rayleigh tienen un movimiento que se llama elíptico retrógrado, es decir, se va moviendo como una elipse.



Entonces, en un sismograma las ondas de cuerpo y las superficiales se ven así:



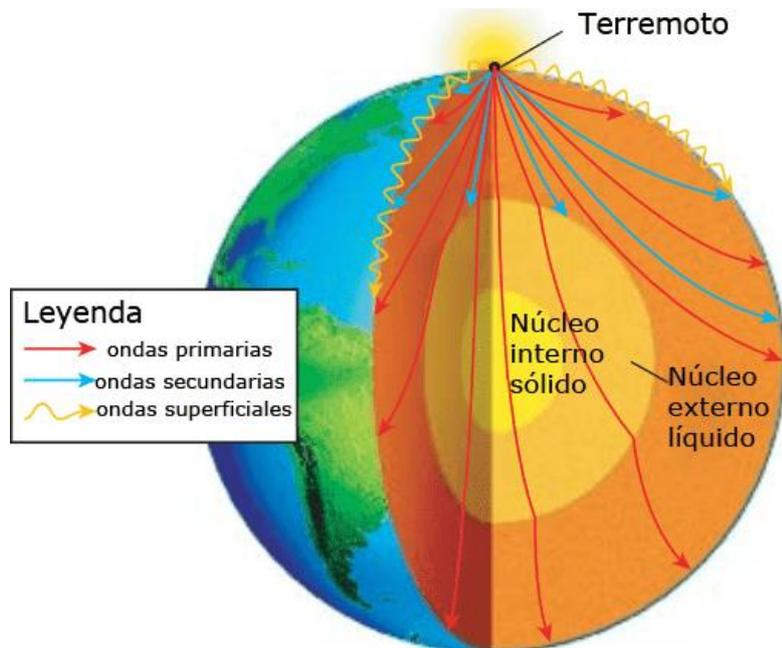
Es importante destacar a partir de la imagen que las ondas Love tienden a ser un poco más rápidas que las ondas Rayleigh.

Si ocurre un terremoto y se tienen estaciones sismológicas a diferentes distancias se podrá observar que la estación más cercana al epicentro mostrará un sismograma más compacto a diferencia de la estación más lejana, la cual presentará un sismograma con las ondas más separadas entre sí debido a que tienen distintas velocidades.

VIAJE DE ONDAS POR EL INTERIOR DE LA TIERRA

Si se recuerda lo visto en la primera clase "El interior de la Tierra": el núcleo interno era sólido y el núcleo externo era líquido, etc. Ocurre que se puede estudiar cómo viajan las ondas sísmicas a través de toda la Tierra. Por ejemplo, si se observa la siguiente imagen se ve que se contemplan las ondas primarias (flecha roja y recta), secundarias (flecha celeste y recta) y superficiales (flecha amarilla y curva); las ondas P podrán viajar por toda la Tierra, las ondas S no podrán viajar por toda la Tierra porque llegan al núcleo externo que es

líquido y, debido a esta característica, no podrán atravesarlo y, por último, tal como su nombre lo expresa las ondas superficiales viajan por la superficie de la Tierra.



Gracias al estudio de la propagación de las ondas por el interior de la Tierra se pudo descubrir, por ejemplo, la existencia de un núcleo interno sólido y fue Inge Lehmann quien a través de la visualización de sismogramas dedujo la existencia de esto en el año 1936.

¿CÓMO SE PUEDE MEDIR EL TAMAÑO DE UN TERREMOTO?

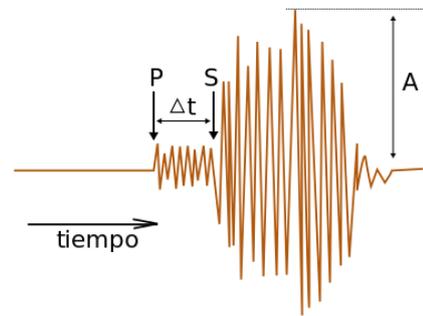
Existen dos escalas para medir el tamaño: la magnitud y la intensidad.

MAGNITUD

La magnitud es un parámetro que mide el tamaño de un terremoto y está relacionada con la energía liberada en forma de ondas elásticas. Es una medida única y se determina de forma objetiva a través de sismogramas.

La magnitud que más se escucha en los medios de comunicación como la televisión es la MAGNITUD LOCAL (M_L), también mencionada por los periodistas como “magnitud de Richter” debido a que fue Charles Francis Richter quien la definió en 1935. Richter estaba buscando una forma de separar los terremotos más grandes de los más chicos en California y por esta razón es que creó esta escala basándose en cosas parecidas a las que hacían los astrónomos para ver la luminosidad de las estrellas; los astrónomos utilizaban un logaritmo dentro de su fórmula y Richter también utilizó dentro de la suya:

$$M_L = \log(A) - \log(A_0)$$



Es importante destacar que la escala de magnitud de Richter es útil solamente para los sismos en California por eso, cuando se modifican los valores de la escala de Richter se le cambia de nombre a Magnitud Local (M_L).

La M_L consiste en buscar las mayores amplitudes (A) de las ondas de cuerpo. Si se ve la fórmula, el primer logaritmo se podrá calcular con la amplitud más grande y el segundo logaritmo con A_0 se calcula con constantes que tienen que ver con California o con los lugares que se esté trabajando.

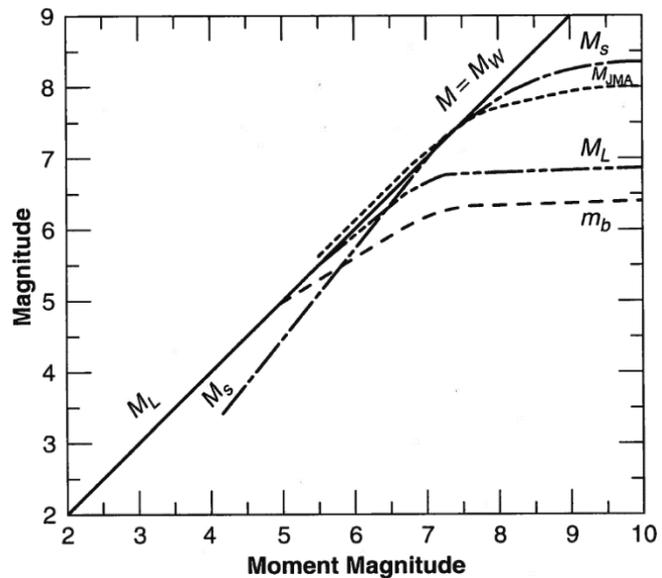
Otra magnitud es la MAGNITUD DE ONDAS DE CUERPO (m_b). Este tipo de magnitud también tiene que ver con la amplitud de las ondas de cuerpo pero que además tiene otros factores asociados. Su fórmula es la siguiente:

$$m_b = \log_{10}(A/T) + Q(\Delta, h)$$

Como último tipo de magnitud está la MAGNITUD DE ONDAS SUPERFICIALES (M_S). Magnitud que tiene que ver con la amplitud de las ondas superficiales.

$$M_S = \log_{10}(A/T) + 1,66 \log(\Delta) + 3,3$$

El principal problema de las tres magnitudes mencionadas es que saturan, es decir, que, por ejemplo, si se tienen sismos pequeños como de magnitud 5, la magnitud real mostrará que es 5 y se verá bien en las otras escalas pero, si fuese un sismo de magnitud más grande no se podrá ver bien en todas las escalas de magnitud, o sea, si se tuviese un sismo de magnitud 8 en las otras escalas no se vería como 8 sino que como 7, 6 o 5, por lo que estas no alcanzan a llegar a la magnitud correcta.



Dicho en otras palabras, estas escalas de magnitud no sirven para terremotos grandes y es por esto que nace otra magnitud: Magnitud de momento.

La MAGNITUD DE MOMENTO (M_w) se calcula en función del momento sísmico (M_0), el cual tiene que ver con la energía total liberada en un sismo. Lo importante de esta escala es que, a diferencia de las anteriores, no satura y debido a esta característica es que este tipo de magnitud si es utilizada para terremotos más grandes. Ejemplo: hablan del terremoto de Valdivia que fue magnitud 9.5 M_w ; de igual manera con el terremoto del 2010 en Chile que fue de 8.8 M_w . La fórmula de la escala de magnitud momento es la siguiente:

$$M_w = \frac{2}{3} \log M_0 - 10.7$$

Las escalas logarítmicas, tema no relacionado con la magnitud necesariamente, se caracteriza por tener un crecimiento rápido. Un ejemplo que es bastante común en la actualidad es el del COVID-19. De igual manera ocurre con las magnitudes puesto que al ser una escala logarítmica dos sismos 5.8 no van a ser equivalentes a un sismo 11.6 sino que se necesitarán más para, por ejemplo, hacer un terremoto de la misma magnitud que el de Valdivia.

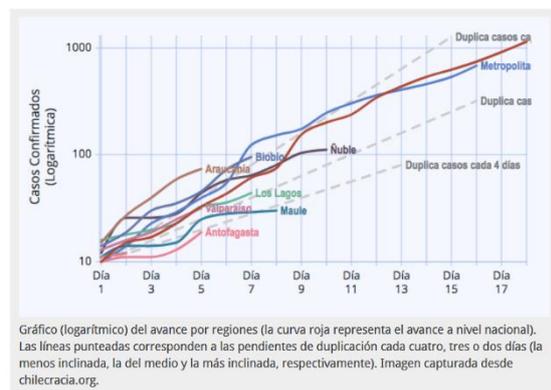


Gráfico (logarítmico) del avance por regiones (la curva roja representa el avance a nivel nacional). Las líneas punteadas corresponden a las pendientes de duplicación cada cuatro, tres o dos días (la menos inclinada, la del medio y la más inclinada, respectivamente). Imagen capturada desde chilecracia.org.

El terremoto más grande en el mundo desde que se tienen registros fue de 9.5 en Valdivia.

Es relevante saber qué, que tiemble mucho en alguna zona no significa que no va a haber un terremoto más grande porque la energía que se necesita para llenar toda la energía del otro sismo es muchísimo más grande de lo que uno piensa.

INTENSIDAD

Es una medida del tamaño del terremoto, pero en base a descripciones cualitativas, es decir, los efectos que causó el terremoto dentro de la población, en las estructuras, en el lugar donde fue sentido, etc.

En Chile se usa la Escala modificada de Mercalli, la cual entrega distintos datos en valores del I al XI o XII dependiendo del lugar, siendo I muy débil y XI o XII muy desastroso.

Lo importante es que esta escala varía según el lugar a diferencia de la magnitud que es un valor único para todo el terremoto.

Grados de la escala modificada de Mercalli:

- GRADO I: Casi imperceptible para las personas.
- GRADO II: Mucho más perceptible estando en un edificio, pero no por todas las personas.
- GRADO III: Ya es perceptible por más personas (sobre todo en edificios más altos). Es similar al paso de un camión pequeño.
- GRADO IV: Tiende a ser más perceptible. Se puede visualizar la oscilación de los objetos.
- GRADO V: Se siente una sacudida ya más fuerte por prácticamente todas las personas del país. Se pueden quebrar algunos objetos.
- GRADO VI: Comienzan a verse grietas en construcciones que nos son tan buenas. Es cuando las personas se paran porque sienten mas o menos fuerte el temblor.
- GRADO VII: Implica dificultad al caminar. Empiezan a haber daños más significativos en estructuras que son menos o poco resistentes.
- GRADO VIII: Se ven muchos más daños considerables. Se mueven los muebles.
- GRADO IX: Es una sensación de pánico generalizado. Derrumbes de paredes y otros.
- GRADO X: Se ve mucho más daño en construcciones
- GRADO XI y XII: Prácticamente un desastre. Pocas o casi ninguna estructura en pie.

I. Muy débil
II. Débil
IV. Moderado
V. Fuerte
VI. Bastante Fuerte
VII. Muy fuerte
IX. Ruinoso
X. Desastroso
XI. Muy desastroso

EN RESUMEN, EL TAMAÑO SE PUEDE MEDIR SEGÚN:

- 1) MAGNITUD: Es objetiva y única para cada terremoto.
- 2) INTENSIDAD: Es subjetiva y varía según dónde uno este.