

## TRAVEL TIME GRAPH

Virtual Courseware: Earthquake

<http://www.sciencecourseware.com/eec/Earthquake/TravelTimeCurve/>

<http://vcourseware.sonoma.edu/eec/Earthquake/TravelTimeCurve/>

En esta actividad vas a construir una gráfica que muestra el retraso de las ondas S respecto a las P (S-P lag time) en función de la distancia al epicentro. A continuación usarás esta gráfica para determinar la distancia de un observatorio al epicentro de un terremoto en función de este retardo.

### FUNDAMENTO TEÓRICO (Background)

---

En esta actividad vas a dirigir un sencillo experimento utilizando una explosión para simular un terremoto. El propósito de esta explosión es producir ondas de choque que viajarán a través de la tierra. Vas a observar cómo esas ondas se registran a grandes distancias del lugar de la explosión por unos instrumentos científicos denominados sismógrafos.

Una gran explosión es semejante a un terremoto en cuanto que libera bruscamente energía en forma de ondas de choque. Estas ondas viajan a través de la tierra a velocidades de entre 2 y 10 km/s y provocan la vibración de los materiales que atraviesan. Los científicos emplean instrumentos muy sensibles denominados sismógrafos para detectar y registrar estas vibraciones. El registro gráfico de las ondas sísmicas se denomina sismograma. Hay distintos tipos de ondas sísmicas, algunas que se propagan por la superficie terrestre y otras que atraviesan su interior. Son las ondas superficiales las que provocan grandes daños, pero en esta actividad nos vamos a interesar en un par de tipos de ondas que se desplazan a través de las rocas de la Tierra: las ondas P y las S. Las ondas P son semejantes a las del sonido y se propagan tanto a través de sólidos como de líquidos. Las ondas S son un tipo de vibración con velocidades un poco inferiores a la de las ondas P.

En los sismogramas podemos observar que la llegada de las ondas P, más rápidas, precede a la de las ondas S, que se desplazan más lentamente. El intervalo de tiempo que transcurre entre la llegada de una y de otra se conoce como tiempo de retardo S-P (S-P lag time). Aprenderás más tarde que cuanto más potente es la explosión o el terremoto, mayor es la amplitud de las ondas registradas en el sismograma.

En este experimento vas a descubrir cómo el retardo S-P se incrementa según las ondas viajan cada vez más lejos. A pequeñas distancias, hay sólo unos pocos segundos de diferencia entre la llegada de los dos tipos de ondas, mientras que al aumentar la distancia se incrementa también ese intervalo de tiempo. De hecho, a distancias del orden de los 1.000 km, el retardo de las ondas S respecto a las P es de unos 1,5 minutos. La relación entre la distancia al epicentro y el retardo S-P se conoce bien y existen gráficas que representan esta relación y que se utilizan para determinar la distancia que han recorrido las ondas sísmicas a partir del intervalo S-P. En este ejercicio vas a medir los intervalos S-P y las distancias respectivas que las ondas han viajado hasta cinco estaciones sismológicas. Con los datos que recojas construirás tu propia gráfica de propagación de las ondas sísmicas.

La elaboración de la gráfica no te resultará difícil. Para hacerlo, en primer lugar tendrás que dibujar los cinco puntos que representan los intervalos S-P y las correspondientes distancias; a continuación trazarás la línea que mejor se ajuste a esos puntos utilizando una simplificación de la técnica de los mínimos cuadrados, un método estadístico que permite hacer este ajuste con precisión buscando el valor mínimo de la suma de los cuadrados de las diferencias entre los puntos y la línea. Aunque esto suena complicado, tú usarás una herramienta que hará los cálculos por ti. Una vez que has dibujado los puntos y ajustado la línea habrás finalizado tu tarea.

En la próxima actividad, que consiste en localizar el epicentro de un terremoto, utilizarás esta gráfica para determinar la distancia que han recorrido las ondas sísmicas.

## PROCEDIMIENTO

---

- Empieza por hacer click en la herramienta "Bomb" en la primera línea del menú "Tareas" (Task) o en la caja de herramientas. Aparecerá un mapa. Arrastra las 5 estaciones sismológicas a diferentes localizaciones en el mapa. Observa que el programa no te permite situarlas demasiado cerca del punto azul marcado con una "E" que representa el lugar en el que se va a provocar la explosión.
- Una vez que hayas ubicado las cinco estaciones se activara en la esquina superior derecha el botón "Trigger Explosion". Púlsalo para provocar la explosión.
- Selecciona ahora la herramienta "S-P" que te permitirá medir el retraso de las ondas S en los sismogramas obtenidos en cada una de las estaciones. Para cambiar de una estación a otra utiliza el menú desplegable de la esquina superior izquierda. Para medir el retardo arrastra el puntero del ratón sobre la gráfica desde el punto en el que se aprecia la llegada de las ondas P hasta el que corresponde a la llegada de las ondas S. Debes hacer la mediciones con la mayor precisión posible.  
Puedes modificar la escala de la gráfica con el menú de la esquina superior derecha del panel principal para facilitar las medidas.  
Los datos que vayas recogiendo debes anotarlos en el Diario (Journal) del área de trabajo. Ten en cuenta que el separador decimal tiene que ser un punto (no una coma).
- Selecciona ahora la herramienta "Distance". Aparecerá de nuevo el mapa con las estaciones donde tú las situaste y un círculo amarillo rodeando el epicentro. Arrastra este círculo para medir la distancia a cada una de las estaciones y anota los valores obtenidos en el Diario. Una vez anotados los valores puedes pulsar el botón "Verify Data Table" para comprobar si los datos que has registrado son correctos.
- Haz click en la herramienta "Plotting". Aparecerá un gráfico del intervalo S-P en función de la distancia al epicentro y una tabla con tus datos a la derecha. Arrastra los puntos rojos a la gráfica. Una vez que hayas situado los puntos con precisión, se activará la herramienta "Line Fitting". Usa esta herramienta para arrastrar la línea azul hasta que consigas el mejor ajuste posible con los puntos que has dibujado.  
Para conseguir el mejor ajuste posible debes ayudarte con el valor denominado "Error Sum of Squares" (Ajuste por mínimos cuadrados, en castellano) situado en la esquina superior derecha del panel principal. Cuanto menor sea este valor, mejor es el ajuste de la gráfica a los puntos. Pulsa el botón "Verify Slope" para comprobar el ajuste de tu gráfica.
- Para terminar deberás responder las dos cuestiones que figuran en la parte inferior de la página "Journal" ayudándote de la herramienta "Travel Time".