

SISMOMETRÍA – INSTRUMENTAL DE MEDICIÓN

La *Sismometría* es la disciplina que basa su estudio en la detección, el registro y la medición de los sismos.

Desde la antigüedad el hombre trató de detectar los terremotos y medir de alguna forma sus efectos. El primer instrumento específicamente construido para medir los sismos, que se tiene conocimiento, es el sismoscopio inventado, en el año 132 d.C., por el filósofo chino Chang Heng (Figura 1).

El mismo consistía en una jarra con ocho cabezas de dragón, cada una de las cuales tenían una bola metálica, que ante la ocurrencia de un terremoto, un mecanismo interno liberaba la bola y caía sobre un sapo ubicado debajo de la cabeza, indicando de manera aproximada la dirección del sismo.



Figura 1: Primer sismógrafo inventado por el científico chino Hang Chen (Año 132 d.C.)

En 1703 el abate Jean de Hautefeuille (1647-1724) ideó un sismoscopio construido en madera con una base circular en el centro, de un pedestal, con un diámetro interno de aproximadamente 12 centímetros. En su parte superior contenía mercurio, con ocho pequeñas canaletas en su flanco, cuatro en correspondencia con los cuatro puntos cardinales y cuatro en puntos intermedios. Debajo de cada una de estas canaletas hay ocho envases pequeños, que fijados a la base son utilizados para recoger el mercurio que se vierte ante un movimiento sísmico (Figura 2).



Figura 2: Sismoscopio construido por el abate Jean de Hautefeuille.

Cada uno de estos ocho recipientes, se encuentran identificados con las letras: N, S, E, O, NE NO, SE y SO. El instrumento, se debe orientar adecuadamente, en un plano perfectamente horizontal: Analizando la taza en la que se derramó el mercurio indicará la dirección proveniente del sismo.

Un avance importante recién se da a finales del siglo XIX, con la invención de instrumentos que registraban los movimientos sísmicos en función continua con el tiempo, dándoseles el nombre de *sismógrafos*.

Científicos como James D. Forbes (1841), Luigi Palmieri (1856), Verbeck (1873), el italiano Filippo Cecchi (1875) y Alfred Wegner (1880), hicieron su contribución con instrumentos para la medición de los sismos, a pesar de que ninguno de ellos funcionó adecuadamente.

El sismógrafo construido por Cecchi se podría considerar como el primer dispositivo en registrar el movimiento de un sismo en función del tiempo, pero fue rápidamente sustituido por el desarrollado por los científicos británicos: John Milne (1849-1913), Thomas Gray (1850-1908) y James Alfred Ewing (1855-1935), que lo hizo exitosamente durante el período 1880-1885.

Este sismógrafo consistía en un péndulo con una aguja, y estaba suspendido sobre una plancha de cristal ahumado; fue el primer instrumento utilizado en sismología que permitía discernir entre las ondas primarias y secundarias.

En 1898, el científico alemán Emil Wiechert (1861-1928) desarrolla el primer sismógrafo con amortiguamiento viscoso, logrando con gran eficiencia el registro de los sismos en toda su duración (Figura 3)

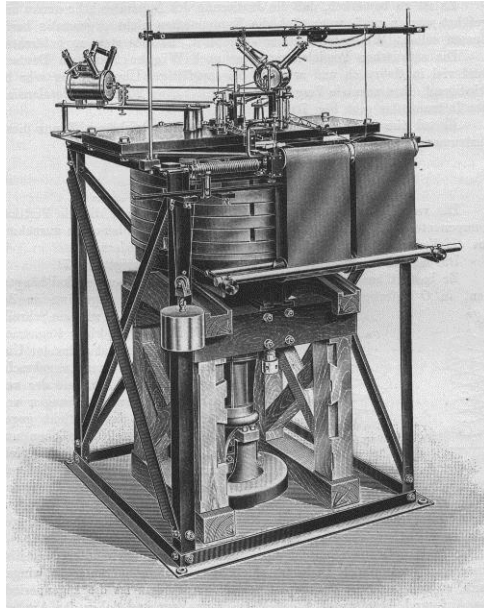


Figura 3: Sismógrafo Wiechert horizontal (Alemania 1904) Masa: 1.000 kg. Período: 8 s

Por su parte el científico ruso Boris Galitzen (1862–1916) desarrolla ,en 1906, el primer *sismógrafo electromagnético*. El movimiento de la masa del péndulo hacía oscilar una bobina en el campo magnético de un imán fijo, generando una corriente proporcional a la velocidad del movimiento del suelo. El registro se efectuaba sobre papel fotográfico mediante un haz de luz que provenía de un galvanómetro, llegando a obtener ampliificaciones del orden de 1.000 veces para períodos de 12 segundos.

Este nuevo diseño muestra ser mucho más preciso y fiable que los anteriores instrumentos mecánicos, convirtiéndose en la base para la instrumentación sísmica utilizada durante gran parte de los siguientes 100 años.

La incorporación de la computadora en el campo de la sismología, durante la década del 1950-60, permitió ampliar notablemente el campo de la investigación sísmica.

El primer sismógrafo con grabación digital funcionó en el *California Institute of Technology* (CALTECH), alrededor de 1961.

A partir de 1970 se generaliza la instalación de los sismógrafos digitales a nivel mundial, comienzan a utilizarse los primeros sismógrafos digitales portátiles para estudios específicos (características del sitio, ruido sísmico, etc.), y se establecen los primeros archivos de datos sísmicos digitales.

En la actualidad, el término *sismógrafo* está reservado a los instrumentos que registran el movimiento del terreno en función del tiempo y trabajan en forma continua durante las 24 horas del día.

A su vez el término *acelerógrafo* es el dispositivo que registra la aceleración del terreno, y lo hace de manera automática, solamente cuando la aceleración excede un límite prefijado (comúnmente 0.01 g).

Un sismógrafo consta básicamente de cuatro partes (figura 4):

- a. El sismómetro que responde al movimiento del suelo, en la dirección vertical u horizontal, y lo convierte en una señal eléctrica.
- b. Un sistema de amplificación que permite aumentar la precisión del registro del movimiento.
- c. Un sistema de registro de la señal amplificada para graficar la variación del movimiento, a lo largo del tiempo.
- d. Un sistema de tiempo preciso que se incorpora al registro de la señal sísmica.

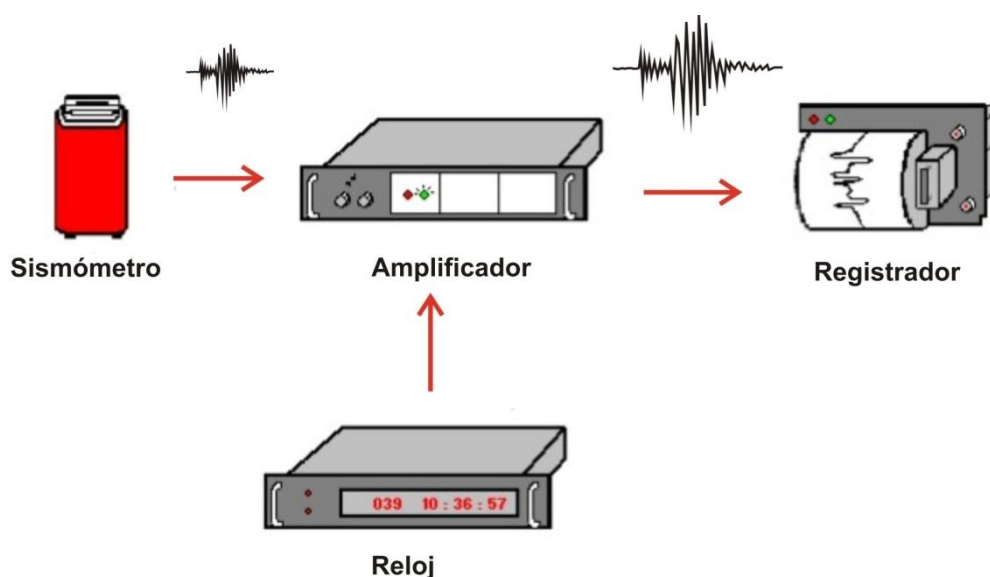


Figura 4: Esquema indicativo de los componentes de un sismógrafo.

El desarrollo de la instrumentación sismológica ha derivado hacia instrumentos con una curva de respuesta prácticamente plana para un gran rango de periodos. Este tipo de instrumentos se denominan sismógrafos de banda ancha (BB, de su sigla en inglés Broad Band), que al usar registro digital y un rango dinámico alto permiten el registro tanto de terremotos cercanos como lejanos (Figura 5).



Figura 5: Sismómetro de Banda Ancha (BB) de tres componentes, modelo STS-2 (Streckeisen) de 9 Kg. Respuesta plana en el rango frecuencial de 8,3mHz (120 seg) a 50 Hz.

Desde 1990 hasta la actualidad la tecnología electrónica ha podido desarrollar instrumentos cada vez más reducidos, compactos y livianos, con mayor sensibilidad y precisión, llegando a contener en un solo sismómetro tres sensores para la medición de las tres componentes: N-S, E-O y vertical (Z).

En general, las estaciones sismológicas actualmente incluyen sensores que registran las tres componentes del movimiento del suelo: dos direcciones horizontales perpendiculares, y la dirección vertical. Ya sea para registrar ondas de período largo para sismos lejanos, o bien para registrar ondas de período corto para sismos cercanos, o ambos a la vez.

Estas señales ingresan a un sistema digital de adquisición de datos (DAS, de sus siglas en inglés Digital Acquisition System) de 16 ó 24 bits, que incluye un GPS para incorporar la señal horaria y las coordenadas del lugar (Figura 6). La información almacenada es transmitida en forma continua y en tiempo real a los centros de investigación, vía satelital o Internet, para su procesamiento, estudio y almacenamiento



Figura 6: A la derecha, sismómetro de banda ancha (BB) modelo 40-T (Güralp), de tres componentes, con respuesta plana en el rango frecuencial de 33,3mHz (30 seg) a 50 Hz. A la izquierda, sistema digital de adquisición de datos TAURUS (Nanometrics Inc.), de 24 bits.

BIBLIOGRAFÍA

BELES A., IFRIM M. y GARCÍA YAGUE A. "*Elementos de Ingeniería Sísmica*". Ediciones Omega S. A. (1999)

DEWEY James, BYERLY Perry: "*History of Seismometry (to 1900)*" Bulletin of the SSA Vol. 59, No. 1, pp. 183-227. February, 1969.

GERSHANIK, Simón. "*Sismología en Argentina*"; <http://fcaglp.unlp.edu.ar/deptoSyM/sismologia.html>

LENNIS G.: "*Earthquakes and the Urban Environment*" Vol. 1. CRC Press. Berlin (1992).

SAUTER F.: "*Fundamentos de Ingeniería Sísmica: Introducción a la Sismología*". Editorial Tecnológica de Costa Rica (2007).

USGS: http://earthquake.usgs.gov/hazards/about/workshops/thailand/downloads/CSMpp1_History.pdf