



Instituto de Investigaciones  
Antisísmicas  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN



# ***SISMOSCOPIO TIPO WILMOT***

# ***MANUAL DE OPERACIONES***



# SISMOSCOPIO TIPO WILMOT

## MANUAL DE OPERACIONES

### INDICE

<b><i>I - Introducción .....</i></b>	<b><i>2</i></b>
<b><i>II - Descripción del Instrumento.....</i></b>	<b><i>3</i></b>
<b><i>III - Ubicación del Sismoscopio .....</i></b>	<b><i>4</i></b>
<b><i>IV - Instalación y Puesta en Funcionamiento .....</i></b>	<b><i>4</i></b>
<b><i>V - Calibración del Sismoscopio .....</i></b>	<b><i>5</i></b>
<b><i>VI - Retiro y Fijación del Registro .....</i></b>	<b><i>7</i></b>
<b><i>VII - Lectura del Registro .....</i></b>	<b><i>8</i></b>
<b><i>Figuras .....</i></b>	<b><i>10</i></b>



## **SISMOSCOPIO TIPO WILMOT**

### **MANUAL DE OPERACIONES**

#### ***I - INTRODUCCIÓN***

El California Institute of Technology en conjunto con el U. S. Coast and Geodetic Survey, de Estados Unidos de Norteamérica, desarrollaron el Sismoscopio tipo Wilmot, que es un instrumento de bajo costo, fácil operación y simple mantenimiento que permite obtener registros de terremotos con significación para la Ingeniería Sismorresistente.

El Sismoscopio al que corresponde este manual es una modificación de aquel original, adaptado a los materiales y condiciones de trabajo de nuestro país, aunque su principio de funcionamiento es el mismo y sus detalles de fabricación hacen que los registros de los instrumentos sean comparables entre sí.

El Sismoscopio es, en esencia, un vibrador lineal amortiguado de características definidas, que se comporta como modelo mecánico de una estructura tipo sometida al terremoto que origina el registro.

El efecto del terremoto en el Sismoscopio, o respuesta del vibrador, queda registrada en dirección y amplitud, pero no en tiempo, sobre un vidrio ahumado fácilmente recambiable. De este registro se pueden obtener el coeficiente sísmico y los valores del espectro de respuesta de velocidad, aceleración y desplazamiento que le corresponde.

El registro en el Sismoscopio es una medida de la agitación sísmica o intensidad del que, con los registros de un mismo sismo obtenidos de varios Sismoscopios distribuidos en una cierta área, se puede analizar la variación de la intensidad sísmica según los tipos de terreno y la distancia epicentral.

La sensibilidad del instrumento es tal que se obtienen registros perceptibles para Intensidad IV de la Escala de Mercalli y queda fuera de escala para la Intensidad X de la misma Escala.



## II - DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO (figuras 1 y 2)

- a) Base: cuadrada de 24,5 cm. de lado (1), normalizada con perforaciones adecuadas para su fijación con bulones de anclaje (16).
- b) Columna de Apoyo: (5) Es la columna que contiene al imán permanente y desde la cual se suspende la ménsula (2) que sostiene la pieza polar superior (4).
- c) Soporte vertical: (7) Constituye la estructura desde la cual se suspende el péndulo y se ubica el brazo inscriptor (8).
- d) Péndulo: Constituye la masa oscilante del instrumento. Lleva en su parte inferior el disco de amortiguación electromagnética (10) y en la superior el aro para apoyo (13) del vidrio ahumado (15). En la parte media se ubica el platillo soporte de la suspensión (11) y se unen entre sí por tres parantes (12).  
  
Tanto el disco de amortiguación (10) como el vidrio ahumado (15) son casquetes esféricos con curvaturas correspondientes al centro de oscilación.
- e) Sistema Inscriptor: En la parte superior del soporte vertical (7) se encuentra el mecanismo de apoyo del brazo inscriptor, el cual impide la separación de la aguja inscriptora (9) del vidrio ahumado (15) en caso de muy fuertes movimientos verticales.
- f) Sistema de Amortiguación Electromagnética: Las dos piezas polares producen este efecto y se ubican: una directamente en la base (3) y la restante (4), en una ménsula (2) prolongación de la columna de apoyo (5). La inferior (3) es desplazable por rosca, mientras que la superior (4) es fija. De esta manera se puede variar la distancia entre las piezas polares y, en consecuencia, la amortiguación ejercida sobre el disco (10) que se desplaza entre ellas.
- g) Soporte de Bloqueo del Péndulo (17): Permite dejar fijo el péndulo para su transporte y manipuleo.
- h) Suspensión Unifilar del Péndulo: Está constituida por un hilo de acero de 0,4 mm. de diámetro (14), que permite la oscilación del péndulo. Este hilo está empotrado en sus extremos en dos pequeños cilindros por medio de los cuales se lo fija a la ménsula sostén (6) y al platillo (11). Posee un tratamiento especial contra la oxidación.
- i) Cubierta Metálica Protectora (Fig. 2): Está constituida por dos partes: una superior móvil (tapa) y una inferior, fija a la base pero desmontable.



### **III - UBICACIÓN DEL SISMOSCOPIO**

Preferentemente se ubicará en lugares de fácil acceso pero escaso tránsito de personas y vehículos.

Se fija sobre un pilar de hormigón de no menos de 35 por 35 cm de superficie, perfectamente nivelada y alisada, donde se empotrarán los pernos roscados de fijación (16), y de 30 cm de altura sobre el nivel del piso. Si éste es de una losa de hormigón se construirá el pilar directamente sobre ella, cuidando de que quede bien adherido, y si es terreno natural se prolongará el pilar unos 50 cm. hacia abajo para que actúe como cimiento.

Si el instrumento se ubica a la intemperie, es necesario protegerlo con una casilla similar a las utilizadas para los gabinetes de gas envasado de dos cilindros. Los pernos de fijación deben ir separados 13 cm. entre sí y ubicados en la zona central de la cara superior del pilar.

### **IV - INSTALACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO**

Se destraba y retira la cubierta del instrumento. Se coloca la base del Sismoscopio sobre el pilar de hormigón, haciendo coincidir los pernos (16) con los orificios correspondientes, se colocan las arandelas y se ajustan a la base firmemente con las tuercas. Para poder dejarlo en condiciones de registrar es necesario realizar las siguientes tareas:

#### ***a) Ubicación del péndulo:***

Para el transporte, el péndulo está suspendido por el soporte de bloqueo (17), que es necesario reemplazarlo al instalar el Sismoscopio. Con tal fin se aflojan los tornillos que lo ajustan al platillo (11) y a la ménsula sostén (6) y se retira hacia arriba el soporte de bloqueo (17), apoyando el péndulo en la pieza polar inferior (3).

Se enrosca una suspensión unifilar (14) en el extremo del soporte de bloqueo (17) y con ayuda de éste se introduce a través del orificio que posee la ménsula sostén (6) y se baja hasta que calce en el platillo (11) donde se ajustará firmemente con el tornillo. Luego se alza el péndulo elevando el soporte de bloqueo (17) hasta que la parte superior de la suspensión (14) quede a nivel de la ménsula sostén (6) donde se ajustará también con firmeza su tornillo.

Al realizar esta operación se debe cuidar que los parantes (12) queden ubicados en forma centrada y simétrica y que el hilo de la suspensión (14) no sufra torceduras. Finalmente se desenrosca el soporte de bloqueo y se lo retira.

#### ***b) Ahumado y colocación de vidrio para registro (Figura 3)***



Se toma uno de los vidrios de forma de calota esférica (15) y se lo ahuma por su cara convexa por medio de la llama de una vela. Para ello se toma el vidrio con la pinza porta vidrio (18) y se lo expone a la acción de la llama de la vela mediante movimientos circulares reiterados, de manera que ésta vaya depositando una capa uniforme de negro de humo sobre el vidrio y que no se produzca un calentamiento localizado del mismo, lo que provocaría su ruptura.

Una vez que el vidrio se enfrió se lo toma con cuidado por los bordes y se lo coloca en el aro superior (13) del péndulo, indicando en el borde del mismo localidad, fecha y la dirección Norte.

Aunque la cavidad donde calza el vidrio es de paredes cónicas para facilitar su centrado, es conveniente fijarlo por los bordes con tres gotitas de estearina derretida.

Una vez que el péndulo se estabilizó y no oscila, se procede a bajar el brazo (8) suavemente hasta que la aguja apoye sobre el vidrio, quedando el péndulo en condiciones de operación o también para la determinación de la cantidad de amortiguación según se indica en 5c.

### ***c) Cierre de la Cubierta***

Se coloca la cubierta protectora, la inferior trabada y la superior cerrada, quedando el instrumento en condiciones de operación.

## ***V - CALIBRACIÓN DEL SISMOSCOPIO***

Para que el registro del Sismoscopio tenga un valor cuantitativo es necesario conocer perfectamente las tres siguientes constantes del instrumento:

- a) Período propio de oscilación del péndulo.
- b) Sensibilidad.
- c) Cantidad de amortiguación.

La determinación de cada una de ellas se realiza de la siguiente manera:

### ***a) Periodo propio de oscilación del péndulo, $T_0$ :***

Se retira la cubierta metálica del instrumento. Se afloja el tornillo que fija el soporte vertical (7) a la ménsula porta pieza polar superior (2) y se lo gira 90° hacia derecha o izquierda, liberando de esta forma el disco del péndulo (10) del flujo magnético de las piezas polares. El péndulo se hace oscilar libremente para lo cual, apartándolo de



la posición de equilibrio, se lo libera súbitamente. Con un cronómetro se determina el tiempo en que dicho péndulo realiza un cierto número de oscilaciones completas, que es conveniente sea mayor de 10 y preferentemente se aproxime a 30. Haciendo el cociente entre el tiempo “t”, expresado en segundos y el número “n” de oscilaciones completas que ocurrieron en ese tiempo t, se obtiene el período propio “T<sub>0</sub>” del péndulo:

$$\text{Período} = T_0 = \frac{t}{n}$$

Esta operación se repite varias veces para obtener un promedio que dé un valor más confiable.

El Sismoscopio está construido con un período propio:

$$T_0 = 0,7 \text{ seg.}$$

Al finalizar la medición, volver a ubicar el soporte vertical (7) en su posición original y ajustar el tornillo de fijación.

### **b) Sensibilidad, S:**

No obstante que el instrumento se entrega con su constante de sensibilidad “S” determinada en fábrica, el usuario puede constatarla de la siguiente manera:

Liberada la base de sus bulones de anclaje se apoya sobre una superficie horizontal y se coloca un vidrio ahumado sin uso en el péndulo.

Se levanta suavemente una de las aristas de la base hasta calzar un taco de 24,5 mm. de altura debajo de ella. Con esto se obtiene una inclinación del instrumento de 1/10, que produce sobre el ahumado un trazo recto de longitud “L”. Midiendo esta longitud en milímetros, la constante “S” se determina según:

$$S = \frac{1/10}{L} = \frac{0.10}{L}$$

El proceso se repite con las cuatro aristas de la base y se obtiene su promedio.

Un valor aproximado de esta constante para esta última serie de sismoscopios es:

$$S = 0.021 \text{ mm}^{-1}$$

De no efectuarse modificaciones en la suspensión del péndulo, el valor de “S” no varía durante la vida útil del instrumento. Es conveniente realizar un nuevo ensayo de calibración cada vez que se cambie la suspensión del péndulo.



### **c) Cantidad de amortiguación, AM**

Con el instrumento en condiciones de operación, se aplica al péndulo un movimiento tal que provoque un registro similar al de la fig. 4. que ocupe casi todo el vidrio de registro.

Luego se miden las distancias  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ ,  $d_4$ , etc, tomando como dirección de medida el diámetro mayor y se calculan los cocientes:

$$\frac{d_2}{d_1}, \frac{d_3}{d_2}, \frac{d_4}{d_3}, \frac{d_5}{d_4}, \dots$$

Con cada uno de estos valores se obtienen por medio de la curva de la fig. 5, distintos valores de cantidad de amortiguación, "AM", que en general irán aumentando. El promedio correspondiente a los cuatro primeros es la cantidad de amortiguación del instrumento.

El Sismoscopio se entrega tarado en fábrica, pero se sugiere efectuar este control cada seis meses, o luego de retirarse el registro correspondiente a un fuerte temblor. El valor deseable de la cantidad de amortiguación es aproximadamente:

$$AM = 0,11 = 11\%$$

Si el valor obtenido del ensayo es superior o inferior en 0,01 será necesario corregir la posición de la pieza polar inferior (3) (fig.1), elevándola para aumentar la amortiguación y bajándola para disminuirla. Luego de este ajuste se repetirá la medición para determinar la cantidad de amortiguación.

Al finalizar el ensayo colocar un nuevo vidrio ahumado según 4b y cerrar el instrumento según 4c.

## **VI - RETIRO Y FIJACION DEL REGISTRO**

Inmediatamente después que haya ocurrido un temblor o terremoto es necesario verificar si la intensidad sísmica ha sido la suficiente para que oscile el péndulo del Sismoscopio y deje una traza visible en el vidrio ahumado.

Con tal objeto se retira la tapa y se verifica si hay registro. Si lo hay, se levanta la aguja y se retira el vidrio cuidando de no borrar el registro, y con una punta afilada se inscribe sobre el ahumado la fecha del sismo y la identificación del Sismoscopio.





Para fijar el negro de humo sobre el vidrio con el registro se depositan unas gotas de fijador en las proximidades del borde del vidrio y, con suaves movimientos de balanceo y giro, se hace deslizar el líquido hasta que toda la superficie quede cubierta. El fijador está formado por 100 gramos de colofonia diluidos en 1 litro de alcohol común. Se deja secar a la sombra y queda listo para la lectura del registro, se guarda cuidando de no romper el vidrio ni borrar el registro.

Si el registro del terremoto supera un radio de 5 mm, o si han transcurrido más de 6 meses desde su anterior determinación, es conveniente realizar una nueva medición de la cantidad de amortiguación según 5c.

De inmediato se colocará otro vidrio ahumado en el instrumento, según 4b, se baja la aguja inscriptora, y se coloca la tapa. El Sismoscopio queda listo para obtener un futuro registro.

## VII - LECTURA DEL REGISTRO

El registro obtenido en el Sismoscopio es un gráfico del efecto del temblor o terremoto en el vibrador que representa, cuyos parámetros dinámicos son: Periodo propio  $T_0 = 0,7$  seg. y aproximadamente 11% de cantidad de amortiguación.

En el vidrio que tiene inscripto al registro del sismo, ahumado y fijado, se puede medir el máximo apartamiento en milímetros, Figura 6.

Este máximo apartamiento representa el máximo del efecto del temblor sobre el Sismoscopio o también el máximo de la respuesta del Sismoscopio a la acción del temblor o terremoto, y más simplemente la respuesta del Sismoscopio. Sea “d” el máximo apartamiento en mm., la máxima inclinación angular del péndulo será, en radianes:

$$A = S \cdot d$$

Siendo S la sensibilidad determinada en 5b.

El coeficiente sísmico correspondiente al Sismoscopio se determina a partir del ángulo A, resultando:

$$C_s = \text{tg } A$$

El cual para valores menores de 0,3 es suficiente la aproximación:

$$C_s = A$$

Por lo tanto el registro en el Sismoscopio es una medida directa del coeficiente sísmico en el edificio con iguales parámetros dinámicos que el Sismoscopio, coeficiente sísmico que tiene un claro significado para el proyecto sismorresistente. En consecuencia, el Sismoscopio permite obtener registros que tienen una directa relación



con las aplicaciones de la Ingeniería Sismorresistente.

A partir del coeficiente sísmico se obtienen también los valores de los espectros de respuesta correspondientes al periodo y cantidad de amortiguación del Sismoscopio, los que resultan:

Espectro de aceleración:  $S_a = C_s \cdot g$

Espectro de velocidad:  $S_v = S_a \cdot T_0 / 2 \pi$

Espectro de desplazamiento:  $S_d = S_v \cdot T_0 / 2 \pi$

El registro en el Sismoscopio también permite realizar una estimación de la intensidad sísmica según la escala de Mercalli.

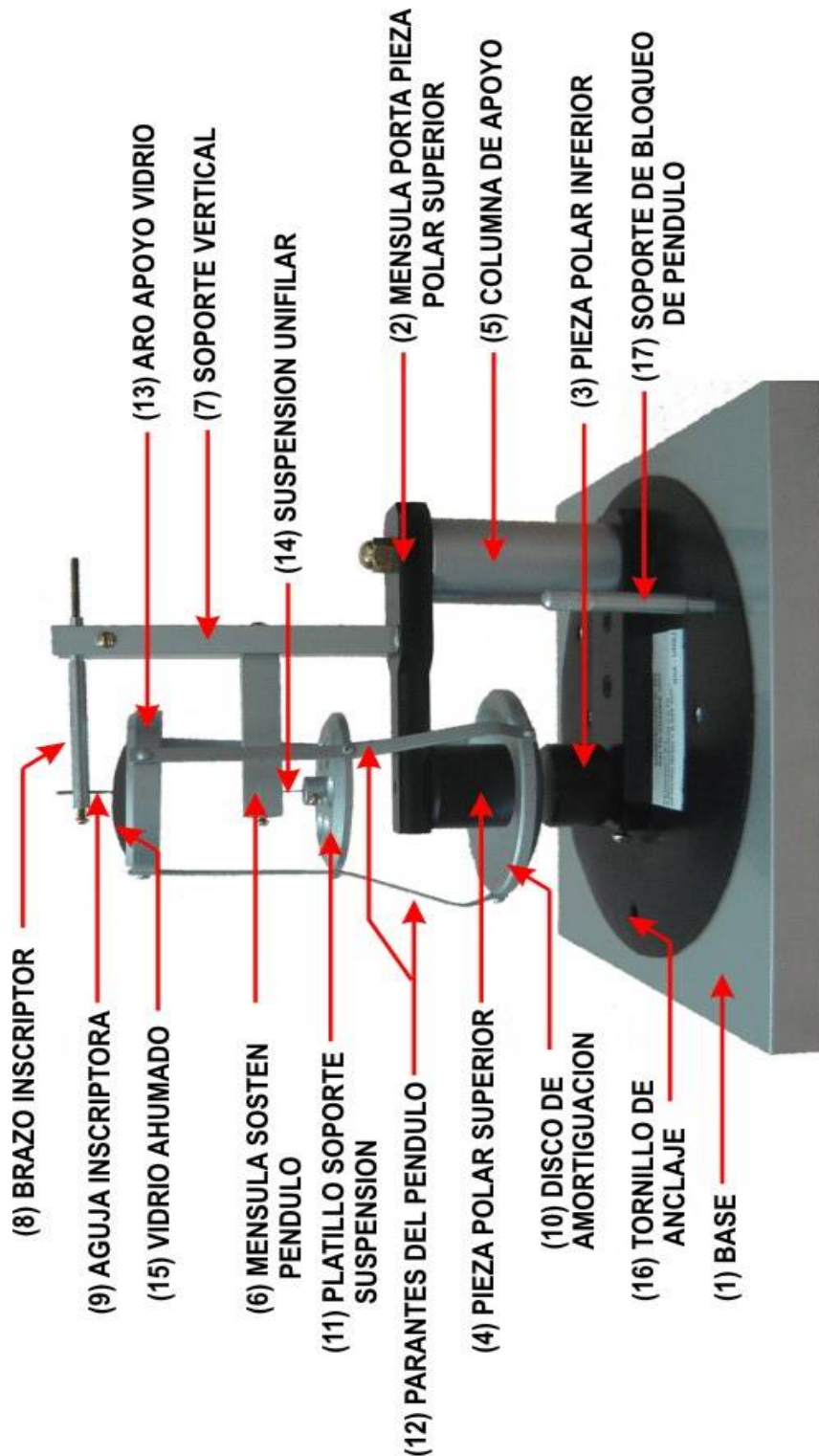
A tal efecto los valores medios de la correlación de la Escala Mercalli Modificada, IMM, con el registro en el Sismoscopio,  $C_s$ , se dan a continuación:

$C_s$	IMM
0.02	IV
0.04	V
0.08	VI
0.15	VII
0.30	VIII
0.60	IX

Esta información que suministra el registro en el Sismoscopio es extraordinariamente valiosa para interpretar el efecto del terremoto en las construcciones con y sin previsiones sismorresistentes ubicadas en las cercanías del Sismoscopio.

La simpleza para la lectura del registro y la facilidad de interpretación de la información muestran la utilidad de este simple instrumento que es de fácil instalación, no requiere energía para su operación y su mantenimiento es mínimo.

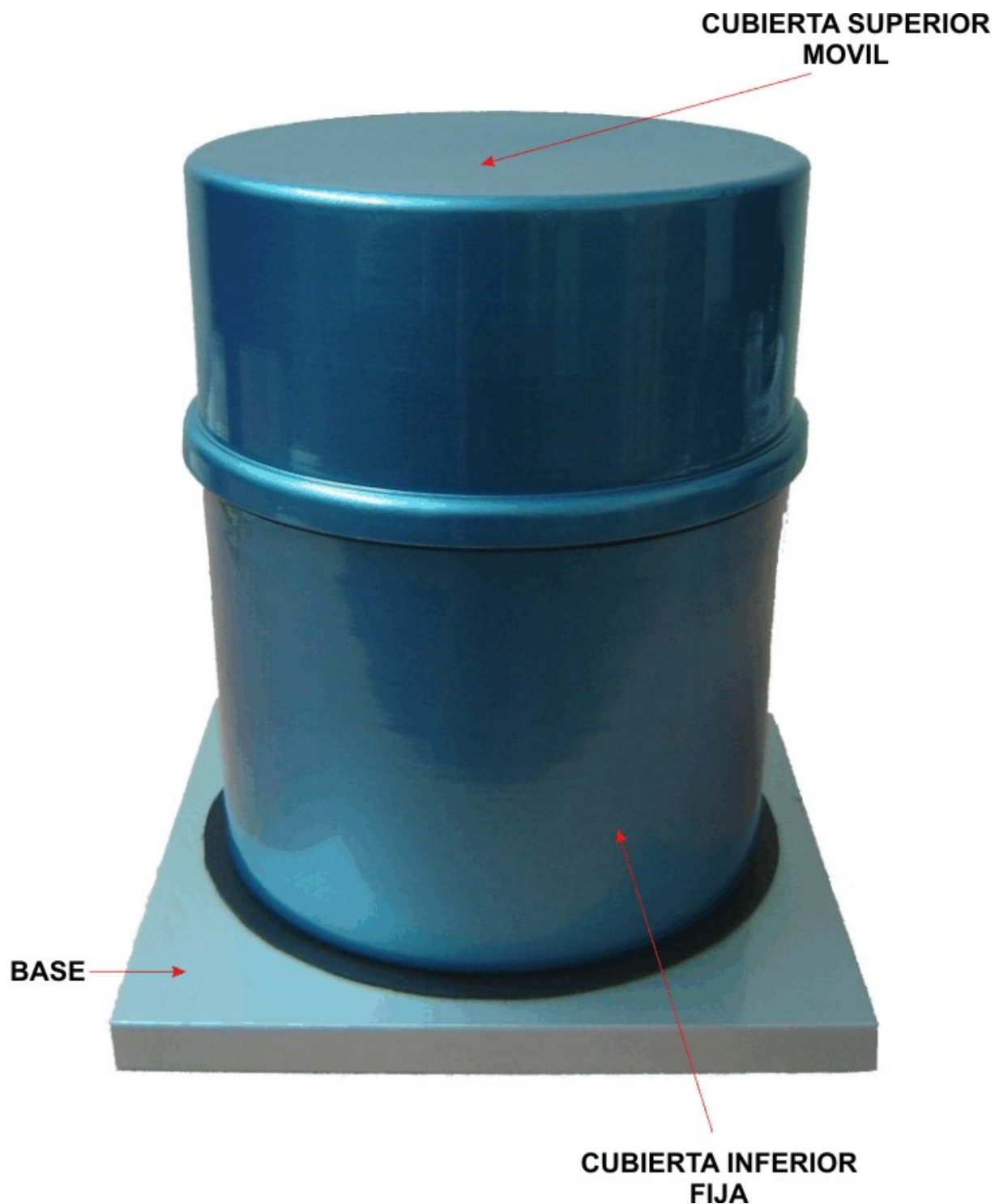
---oOo---



# SISMOSCOPIO TIPO WILMOT

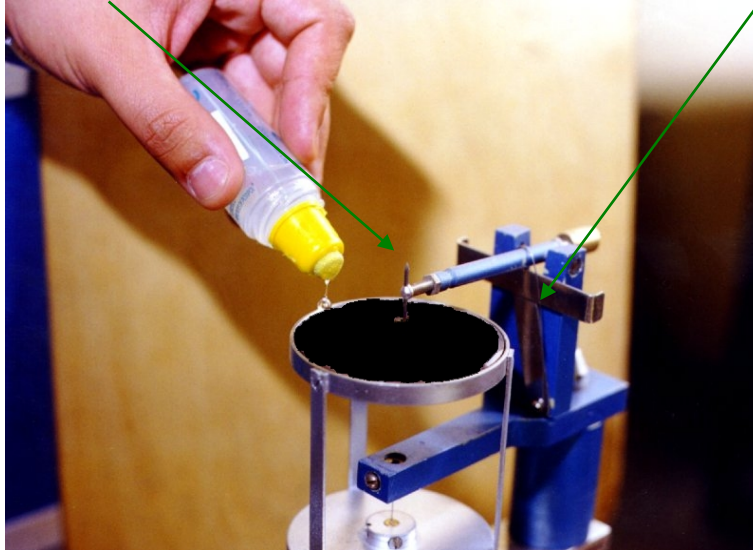
Fig. 1 – SISMOSCOPIO TIPO WILMOT

FIG. 2 – CUBIERTA METÁLICA PROTECTORA



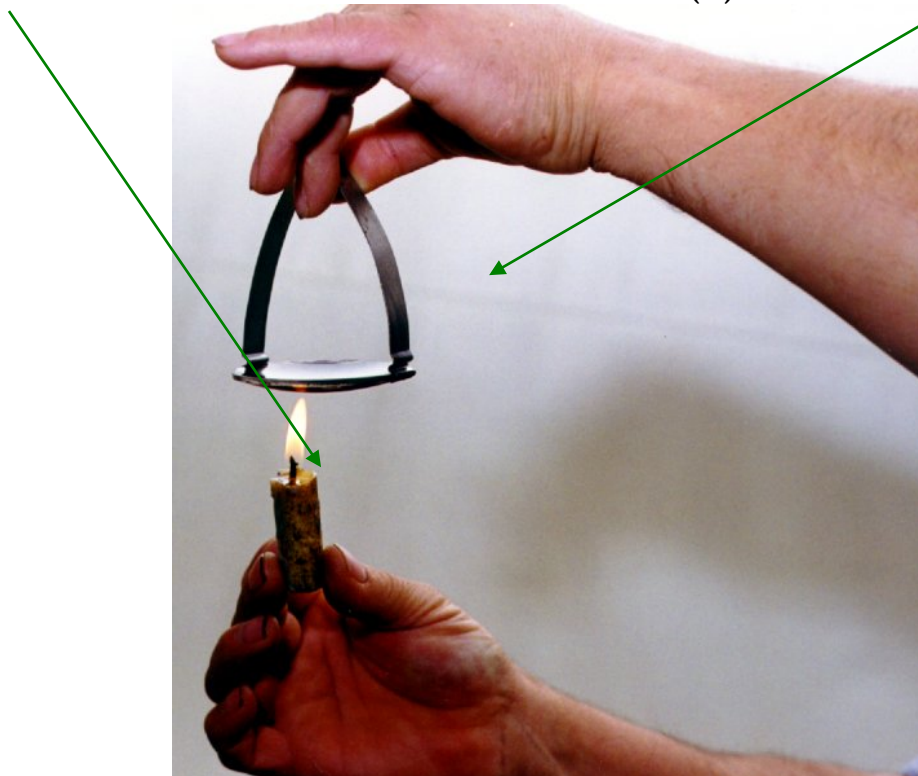
**GOTERO FIJADOR**

**VIDRIO CON REGISTRO**



**VELA DE ESTEARINA**

**(18) PINZA PORTA VIDRIO**



**FIG. 3 – AHUMADO – COLOCACIÓN VIDRIO Y FIJADO DE REGISTRO**

**REGISTRO TÍPICO PARA DETERMINAR PORCENTAJE DE AMORTIGUACIÓN**

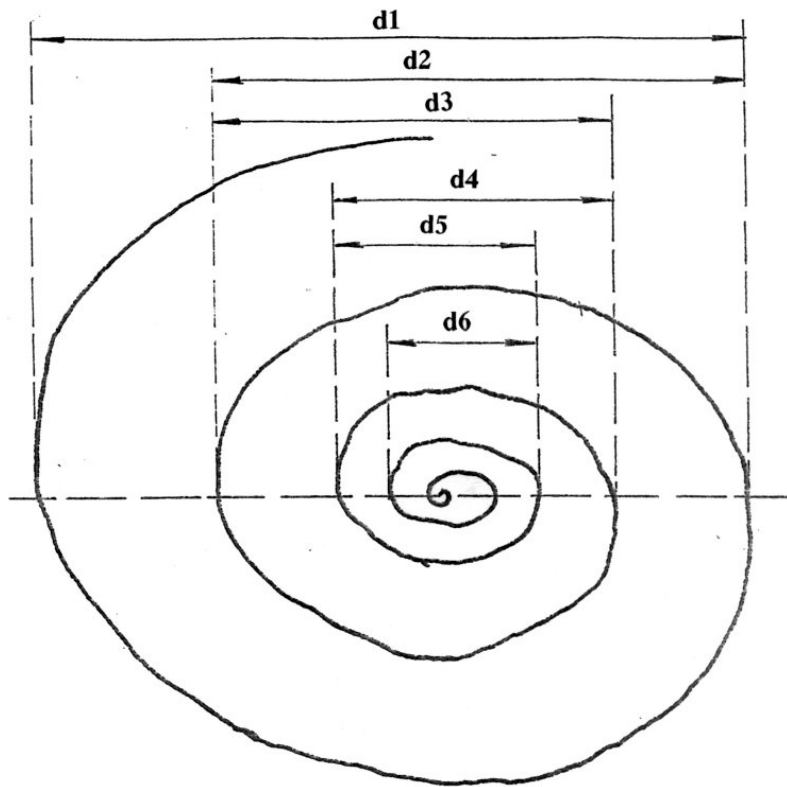


FIGURA 4

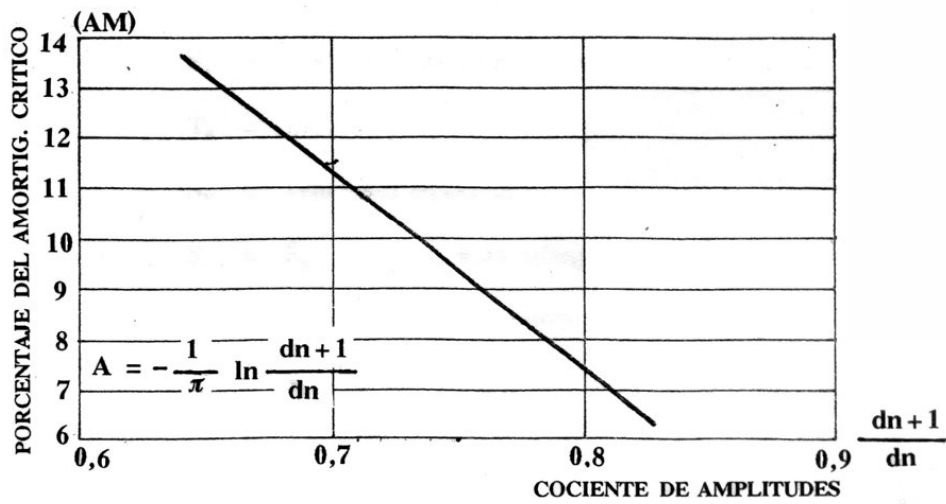
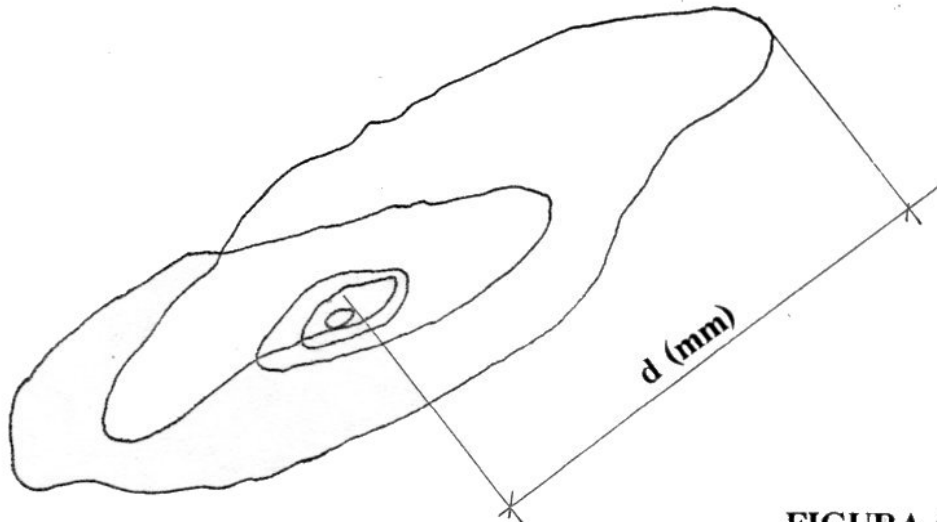


FIGURA 5

**RELACION AMORTIGUACION - DECREMENTO AMPLITUDES**

**EJEMPLO DE LECTURA DEL REGISTRO EN SISMOSCOPIO**



**FIGURA 6**

**d = 13 mm**

**S = sensibilidad = 0,024 mm<sup>-1</sup>**

**C<sub>s</sub> = coeficiente sísmico**

**C<sub>s</sub> = S · d = 0,024 x 13 = 0,31**

**S<sub>a</sub> = aceleración espectral**

**S<sub>a</sub> = 0,312 g = 0,312 x 9,81 m/seg<sup>2</sup> = 3,06 m/seg<sup>2</sup>**

**T<sub>0</sub> = periodo propio = 0,7 seg.**

**S<sub>v</sub> = velocidad espectral**

**S<sub>v</sub> = S<sub>a</sub> · T<sub>0</sub> / 2π = 0,34 m/seg.**

**S<sub>d</sub> = desplazamiento espectral**

**S<sub>d</sub> = S<sub>v</sub> · T<sub>0</sub> / 2π = 0,038 m**

**Estimación intensidad sísmica: VIII Escala Mercalli**