

## INTRODUCCIÓN:

La temperatura es una magnitud que toma el mismo valor en dos sistemas que son puestos en contacto térmico y alcanzan el equilibrio.

Hay magnitudes físicas que pueden ser medidas de manera directa, por ejemplo: Las dimensiones de un cuerpo, el estiramiento de un resorte, el volumen de un líquido. En cambio para medir temperaturas se debe recurrir a la medición de otras magnitudes físicas que cambien con los cambios de temperatura.

Llamaremos *magnitud termométrica* a cualquier magnitud física cuyo valor pueda ser correlacionado con la temperatura de un sistema. Es posible construir un aparato que permita medir una magnitud termométrica, cuyo valor estará determinado por la temperatura del sistema físico involucrado en la medición. Tal aparato es un instrumento de medición y se denomina “*termómetro*”. Todo termómetro posee un dispositivo sensible a cambios de temperatura y una forma particular de traducir el valor de la magnitud termométrica correspondiente. Las propiedades del dispositivo sensor y la magnitud termométrica utilizada definirán las características del termómetro.

Al igual que todo instrumento de medición, para que un termómetro sea útil debe ser calibrado siguiendo ciertos protocolos o normas. En el caso particular del termómetro, debemos contar con una relación empírica que vincule los diferentes valores de la magnitud termométrica con los valores de la temperatura, y al procedimiento para encontrar esta relación lo llamamos “*calibración del termómetro*”.

## TERMÓMETROS A CALIBRAR:

### Termómetro de mercurio

El dispositivo sensible es un termómetro de mercurio que está constituido por un bulbo de vidrio que lleno con mercurio y que se comunica con un extremo de un tubo capilar cerrado por otro extremo en el cual se ha practicado el vacío previo a su llenado. La dilatación o contracción de la masa de mercurio ante variaciones de su temperatura se manifiesta como variaciones de su longitud, las cuales son **lineales con la temperatura**, en el tubo capilar constituyendo así su magnitud termométrica. Para medir la temperatura, se necesita una escala de medición. Resulta particularmente útil medir la altura que la columna de mercurio alcanza cuando el bulbo se coloca en contacto con hielo fundente (temperatura que por definición corresponde a  $0^{\circ}\text{C}$ ) y la que alcanza cuando se lo pone en contacto con agua en ebullición a nivel del mar (correspondiente a  $100^{\circ}\text{C}$ ), ya que estos dos baños térmicos son sencillos de establecer en el laboratorio. La escala resultante se conoce como escala Celsius. Los termómetros de mercurio comerciales tienen una escala, en la cual las distancias entre sucesivas graduaciones corresponden *idealmente* a iguales volúmenes de mercurio. Ahora bien, estas graduaciones no son las mismas para cada termómetro de mercurio, ya que su longitud dependerá del coeficiente de dilatación del vidrio con el que está construido, de la sección del capilar y del volumen de mercurio en el bulbo entre otros factores.

El proceso de calibración consiste en encontrar las alturas de la columna de mercurio, correspondientes a dos o más temperaturas conocidas y de esta manera poder establecer la relación

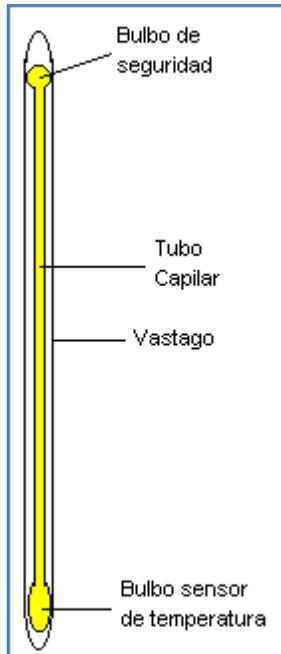


Figura 1: Termómetro de mercurio

entre valores de temperatura y valores de la variable termométrica (altura de la columna de mercurio).

Supondremos que entre estas dos temperaturas el comportamiento del aparato es lineal. Los datos medidos, ordenados convenientemente en una tabla, nos permitirán establecer una relación funcional empírica entre las variables en cuestión y en el futuro obtener valores intermedios de temperatura a partir de valores medidos de la variable termométrica.

NOTA: tenga en cuenta la corrección de la temperatura de ebullición  $T_E$  con la presión.

$$T_E = 100\text{ }^{\circ}\text{C} + [0,0368\text{ mm}^{-1}(P_a - 760\text{ mm})]\text{ }^{\circ}\text{C}$$

donde  $P_a$  representa la presión atmosférica medida en  $mm$  de mercurio ( $mmHg$ ).

Para hacer esto, utilizaremos dos baños térmicos de referencia: Uno de hielo y agua en equilibrio (hielo fundente); el otro de agua y vapor en equilibrio (ebullición).

### Termocupla:

Cuando alambres de metales diferentes son unidos, según se muestra en la Fig.2, manteniendo una de las uniones a temperatura  $T_0$  y la otra a temperatura  $T$ , aparece una diferencia de potencial en los extremos libres (T. Seebeck 1821). En el circuito termoelectrico que así se obtiene, la diferencia de potencial  $V$  constituye la magnitud termométrica y es función de la diferencia de temperatura  $\Delta T$  entre las uniones.

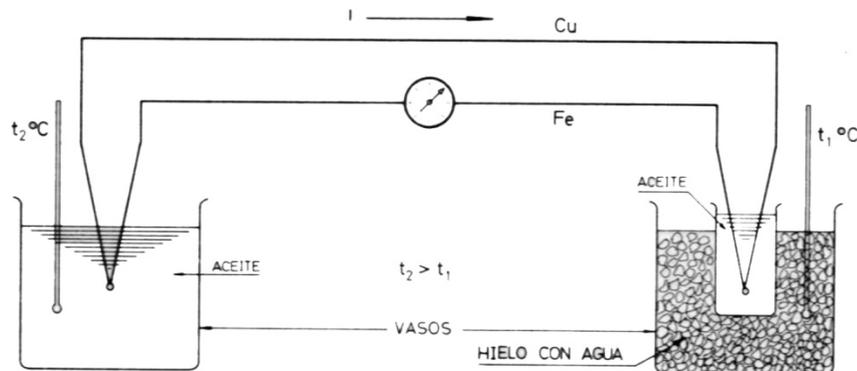


Figura 2: Termocupla Fe-Cu

El instrumento que se utilizará en el laboratorio se denomina *Termocupla diferencial* y se construye uniendo los dos extremos libres de los alambres y se intercala un voltímetro en el circuito. El voltaje medido,  $V_S$ , será proporcional a la diferencia de temperatura entre ambas uniones de los alambres. Las termocuplas se utilizan para medir *diferencias* de temperaturas.

En este caso no es posible presuponer una relación lineal entre valores de temperatura y valores de la magnitud termométrica.

$$A = 238,2900$$

$$B = 13364,0000$$

$$C = 4776,4000$$

$$D = 21,8670$$

$$E = 154,8300$$

$$F = 7,8242$$

La ecuación que relaciona el voltaje  $V_S$  con la temperatura  $T$  es:

$$T = A + B V - \frac{C}{V + D} - \frac{E}{V + F}$$

Para termocuplas tipo 'T' (cobre-constantan) entre -200°C y +400°C tenemos que los coeficientes  $A, B, C, D, E$  y  $F$  están dados por la Tabla 1. Los voltajes están en Volts y  $T$  en Kelvins.

(ver <http://www.omega.com/temperature/z/pdf/z021-032.pdf>)

Tabla 1

### Termistor:

Para un **termistor** la magnitud termométrica es su resistencia eléctrica. Su funcionamiento se basa en la variación de la resistividad que presenta un semiconductor con la temperatura. El término termistor proviene de **Thermally Sensitive Resistor**. Existen dos tipos de termistores:

- NTC (Negative Temperature Coefficient) – coeficiente de temperatura negativo.
- PTC (Positive Temperature Coefficient) – coeficiente de temperatura positivo.

Son elementos PTC aquellos en los que su resistencia aumenta cuando aumenta la temperatura, y elementos NTC aquellos en los que su resistencia disminuye cuando aumenta la temperatura.

La relación entre los valores de temperatura absoluta y de la magnitud termométrica (en este caso la resistencia eléctrica) no es lineal; por ello se debe proceder de manera análoga a la termocupla.

La ecuación que relaciona la resistencia  $R$  con la temperatura absoluta  $T$  es:

$$R(T) = R_0 \exp \left\{ b \left[ \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right] \right\}$$

Donde  $R_0$  es la resistencia eléctrica del termistor a una temperatura absoluta  $T_0$  (en Kelvins) (por ejemplo a hielo fundente).

Por lo tanto midiendo la resistencia a la temperatura  $T_E$  de ebullición del agua se obtiene el coeficiente  $b$ .

$$b = \frac{\ln \left[ \frac{R(T_E)}{R_0} \right]}{\frac{1}{T_E} - \frac{1}{T_0}}$$

### Termómetro digital en Datalogger:

Modo de uso del sistema de adquisición de datos (Datalogger) Xplorer GLX:

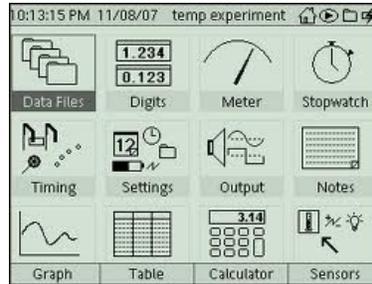


Figura 3: datalogger Xplorer GLX y una imagen de su panel principal

El Xplorer GLX datalogger es un instrumento que mide más de una magnitud física y las almacena en una memoria interna. Con este aparato se pueden visualizar los datos adquiridos y hacer análisis de datos de los mismos. Tiene varias funciones de muestreo y análisis de datos que lo hacen un aparato muy útil en el laboratorio de enseñanza de la física.

- 1) Prender el Xplorer GLX , su energía proviene de una batería interna o bien de la red eléctrica mediante un transformador.
- 2) Inmediatamente aparece un menú como el de la figura 1b, este menú puede activarse

siempre que se presione la tecla  .

- 3) Mediante el uso de los cursores  pueden desplazarse por este menú.
- 4) Seleccione “Sensores”
- 5) Conecte el sensor de temperatura al costado del aparato donde hay un conector con el

dibujo 

- 6) Inmediatamente aparecerá un menú para configurar la frecuencia de muestreo (muestras por segundo, por minuto, por hora) Reducir/Suavizar = Apagar; Temperatura = visible.

- 7) Presione  para ir al menú principal

- 8) Use los cursores  y seleccione “Archivo de Datos”.

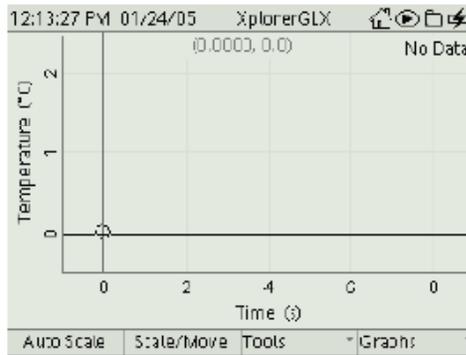
- 9) Presione  para abrir y/o crear un Archivo de Datos.

- 10) Una vez de creado guárdelos con F2.

- 11) Presione nuevamente  y seleccione “Gráfico” (F1).

- 12) Inicie la medición presionando  , en cualquier momento presione “Auto Escala” (F1) para visualizar correctamente los datos.

- 13) Aparecerá un grafico como el de la figura:



- 14) Para detener la medición presionando nuevamente .
- 15) Presione  para ir al menú principal y seleccione “datos” (data files) para abrir el archivo.
- 16) Seleccione el archivo, navegando con , luego F4 opción 3 para copiar el archivo, y  para ejecutarlo.
- 17) Seleccionar con  pendrive, y luego F1 para copiar los datos.
- 18) Pueden además hacer una tabla. Para ello ir al menú principal con  y seleccionar “tabla”, también se puede medir directamente el valor de la temperatura sobre el visor con la opción “digitos”. (ver figura 1)
- 19) Es aconsejable usar este instrumento para medir tiempo y temperatura, mediante el modo “tabla”.

### PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL:

- 1) Calibrar **termómetro de mercurio** usando los puntos fijos del agua.
- 2) Grafique los valores obtenidos en función de la temperatura de los puntos fijos. (corrija los mismos por presión atmosférica).
- 3) Realice un ajuste de los datos del termómetro de mercurio y establezca la relación de calibración.
- 4) Usando la calibración del termómetro de mercurio como referente se calibran los otros termómetros. Para ello use un baño de agua que esté a 100 °C aproximadamente y baje su temperatura enfriando. Tome los valores de cada termómetro y del termómetro de mercurio.
- 5) Grafique las temperaturas obtenidas para cada termómetro en función de la temperatura verdadera obtenida del termómetro de mercurio.
- 6) Compare y discuta los resultados obtenidos para cada termómetro.

**Bibliografía:** Isnardi Collo. Libro Séptimo. Estudio del calor. - Física. Resnick R., Halliday D., Krane K. 5a. edición en español.

[http://www.emu.dk/gsk/fag/fys/dataopsamling/hvordan\\_kommer\\_man\\_videre/Introduction\\_to\\_the\\_Xplorer\\_GLX.pdf](http://www.emu.dk/gsk/fag/fys/dataopsamling/hvordan_kommer_man_videre/Introduction_to_the_Xplorer_GLX.pdf)