

## ¿Que es la Temperatura?.

De una manera cualitativa, nosotros podemos describir la temperatura de un objeto como aquella determinada por la sensación de tibio o frío al estar en contacto con él.

Esto es fácil de demostrar cuando dos objetos se colocan juntos (los físicos lo definen como contacto térmico), el objeto caliente se enfría mientras que el más frío se calienta hasta un punto en el cual no ocurren más cambios, y para nuestros sentidos, ambos tienen el mismo grado de calor. Cuando el cambio térmico ha parado, se dice que los dos objetos (los físicos los definen más rigurosamente como sistemas) están en *equilibrio térmico*. Entonces podemos definir la temperatura de un sistema diciendo que la temperatura es aquella cantidad que es igual para ambos sistemas cuando ellos están en equilibrio térmico.

Si nuestro experimento fuese hecho con más de dos sistemas, encontraríamos que muchos sistemas pueden ser llevados a equilibrio térmico simultáneamente; el equilibrio térmico no depende del tipo de objeto usado. Pero siendo más preciso:

*Si dos sistemas están separadamente en equilibrio térmico con un tercero, entonces ellos deben estar en equilibrio térmico entre sí.*

y ellos tienen la misma temperatura sin tomar en cuenta el tipo de sistema que sean.

Lo expresado en letras itálicas es llamado *Ley Cero de la Termodinámica* y puede ser escrita más formalmente como:

Si tres o más sistemas están en contacto térmico entre si y todos en equilibrio al mismo tiempo, entonces cualquier par que se tome separadamente están en equilibrio entre sí.

(cita de la monografía de T.J. Quinn llamada "Temperature").

Ahora uno de los tres sistemas puede ser calibrado como un instrumento para medir temperatura, definiendo así un

termómetro. Cuando uno calibra un termómetro, este se pone en contacto con el sistema hasta que alcanza el equilibrio térmico, obteniendo así una medida cuantitativa de la temperatura del sistema. Por ejemplo, un termómetro clínico de mercurio es colocado bajo la lengua del paciente y se espera que alcance el equilibrio térmico con su boca. Podemos ver como el líquido plateado (mercurio) se expande dentro del tubo de vidrio y se puede leer en la escala del termómetro para saber la temperatura del paciente.

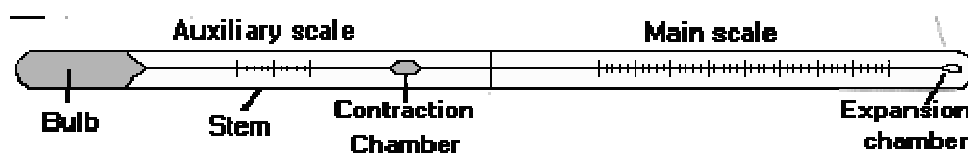
### ¿Qué es un Termómetro?.

Un termómetro es un instrumento que mide la temperatura de un sistema en forma cuantitativa. Una forma fácil de hacerlo es encontrando una sustancia que tenga una propiedad que cambie de manera regular con la temperatura. La manera más "regular" es de forma lineal:

$$t(x)=ax+b.$$

Donde  $t$  es la temperatura y cambia con la propiedad  $x$  de la sustancia. Las constantes  $a$  y  $b$  dependen de la sustancia usada y deben ser evaluadas en dos puntos de temperatura específicos sobre la escala, por ejemplo,  $32^\circ$  para el punto congelamiento del agua y  $212^\circ$  para el punto de ebullición. Después se aclara que este es el rango de una escala ya conocida como la Fahrenheit.

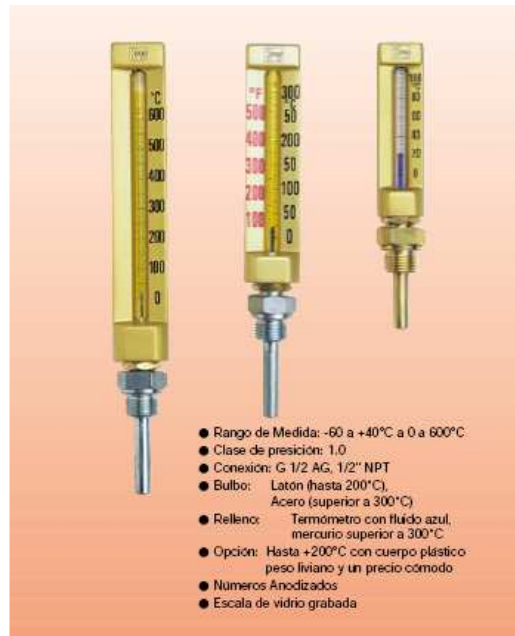
Por ejemplo, el mercurio es líquido dentro del rango de temperaturas de  $-38,9^\circ \text{C}$  a  $356,7^\circ \text{C}$  ( la escala Celsius se discute más adelante). Como un líquido, el mercurio se expande cuando se calienta, esta expansión es lineal y puede ser calibrada con exactitud.



El dibujo del termómetro de vidrio de mercurio ilustrado arriba contiene un bulbo fijo con mercurio (bulb) que le permite

expandirse dentro del capilar. Esta expansión fue calibrada sobre el vidrio del termómetro.

## TERMOMETRO DE VIDRIO



Los termómetros del líquido en vidrio para máquinas son económicos y robustos. El uso del vidrio de alta calidad permite al termómetro mantener una repetición y exactitud de medida constantes. Los termómetros de líquido en vidrio para máquinas comprenden una cubierta protectora resistente, un capilar indicador y accesorios de montaje con conexión rígida.

La cubierta protectora se hace de aluminio anodizado color latón o de plástico color oro, a un precio razonable para longitudes de 150 mm hasta +200 °C. La escala de enumeración es negra. El capilar indicador esta forrado en blanco con una columna indicadora ancha de fácil lectura con fluido indicador azul hasta +200 °C; o mercurio sobre +200 °C, en cuyo el caso capilar indicador es forrado en amarillo.

La graduación se difunde en el vidrio y de este modo es resistente a medios de servicio hostiles. La exactitud indicada es del 1 % del valor a escala completa.

El capilar está fabricado de vidrio PTB aprobado para

Termómetros Supremaxglas N16B o 8409. Los conectores de montaje se entregan según la forma B de DIN con rosca externa NPT G 1/2 o 1/2. Los bulbos se hacen de latón sólido hasta una longitud de inmersión máxima de 63 milímetros.

Los bulbos usan soldadura fuerte para longitudes más largas de inmersión. Se hacen de acero sobre los +300 °C y se entregan soldados y cromados.

Los termómetros estándares de líquido en vidrio para máquinas están disponibles en longitudes del instrumento 200, 150 y 10 milímetros en línea recta y en forma angular de 90.

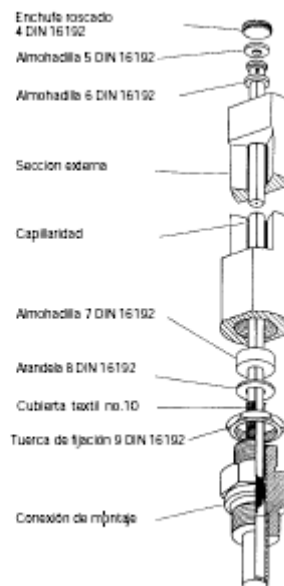
## Aplicaciones

Los termómetros de forma V para máquinas son apropiados para la medición directa de la temperatura en el sitio de un medio líquido.

Incluye las áreas de aplicación:

- \_ Aire acondicionado y refrigeración
- \_ Sistemas de calefacción y hornos
- \_ Planta de Ingeniería y equipamientos
- \_ Manufacturación de máquinas
- \_ Estaciones de poder para calefacción distritales

Diseño



# TERMOMETRO BIMETALICO



Los termómetros bimetalicos se utilizan en el lugar para la medida directa de temperatura. Una amplia gama de versiones estándares permiten una variedad de aplicaciones. Además, versiones especiales se fabrican a la especificación del cliente. Áreas especiales de aplicación: plantas industriales pesadas, tuberías y recipientes, máquinas etc.

Los dispositivos son instalados en una termopozo con un tornillo de ajuste. Simplemente atornille en el termopozo, enchufe el termómetro y sujete con el tornillo de ajuste.

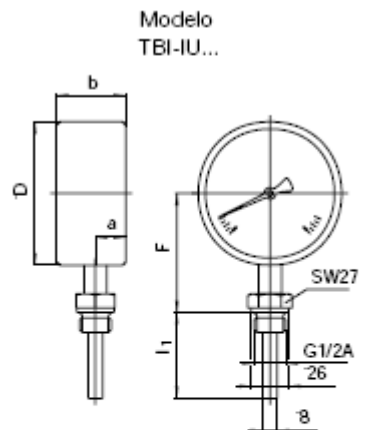
## Método de Operación

El elemento de medida del termómetro bimetalico es una hélice bimetalica de respuesta rápida. Es fabricado a partir de dos tiras de metal soldadas en frío con diversos coeficientes térmicos de expansión, que se tuercen en función de la temperatura.

El movimiento rotatorio se transfiere con baja fricción a la punta indicadora.

## Características

- \_ Sistema bimetálico de alta calidad y baja fricción particularmente estable. Clase de precisión 1.
- \_ Corto tiempo de amortiguación de temperatura, con adaptación optimizada del tubo protector al bulbo especial de metal liviano.
- \_ Efectos de vibración reducida con elemento bimetálico endurecido protegido contra exceso de temperatura.
- \_ Extremadamente sólido y una cubierta torsionalmente fuerte.
- \_ Perfecto y rápido sellado del punto de medición con una rosca de tubo protector especialmente áspera.



Dimensiones (mm)			
D (NG)	a	b	F
100	17	44	83
160	19	46	113

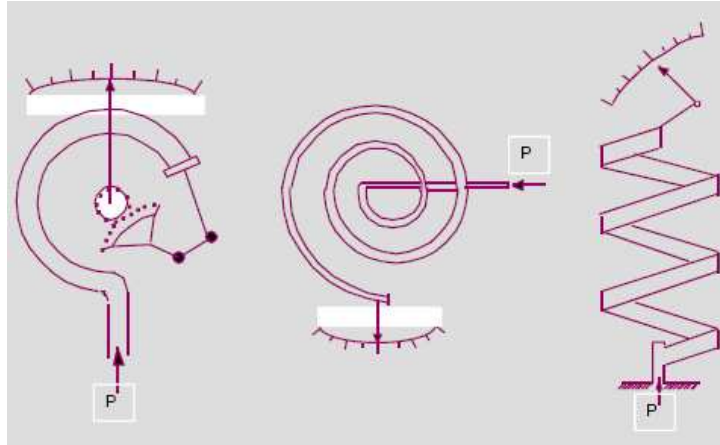
# TERMOMETROS DE BULBO Y CAPILAR



Se diferencian en general tres tipos de termómetros de sistemas llenos, en función al componente que llena el sistema y por ende al principio físico que se aplica:

- Clase I y IV: Termómetros actuados por líquidos, diferenciándose la clase IV a través del uso de mercurio y cuyo uso va en franca disminución por los riesgos inherentes al uso del mercurio.
- Clase II: Termómetros actuados por vapor
- Clase III: Termómetros actuados por gas

El acondicionamiento de la señal de presión generada a través de la dilatación del líquido o el aumento de presión del gas o vapor, se realiza a través de espirales denominadas espirales de Bourdon. Estas se desenrollan y mueven la aguja indicadora sobre el dial.



## LIQUIDOS

Tienen el sistema de medición lleno de líquido y como su dilatación es proporcional a la temperatura, la escala de medición resulta uniforme. Con capilares de longitudes menores a 5 metros se compensa sólo el elemento de medición, es decir, por medio de un bimetálico se compensa la variación de temperatura del líquido por efecto del medio ambiente.



Cuando el tubo capilar es largo, se usa uno de estos dos métodos para la corrección:

- 1) Un hilo metálico central se coloca en el tubo capilar en toda su longitud; este hilo tiene un coeficiente de dilatación que corrige el cambio de volumen del líquido. Normalmente se emplea esto únicamente en los sistemas llenos con mercurio.
- 2) Un segundo tubo capilar sin bulbo, cerrado en el extremo correspondiente al bulbo, va paralelo al tubo capilar desde el bulbo y acciona un Bourdon helicoidal idéntico en la caja del instrumento, de tal modo enlazado con el elemento original, que cualquier dilatación en este capilar corrector se resta del otro sistema y corrige toda dilatación, excepto la del bulbo medidor.

La presión de llenado elegida debe ser tal, que la temperatura de ebullición del líquido sea apreciablemente más alta que la mayor temperatura que el sistema haya de medir. Pueden medirse temperaturas desde  $-175\text{ }^{\circ}\text{C}$ . hasta  $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$  (hasta  $500^{\circ}\text{C}$  en caso de usar mercurio).

El origen mayor de error en este tipo de medida es la dilatación térmica del líquido que no está en el bulbo.

**Clase:** 1% entre 10 y 90% de la escala, resto 1,6%

## Vapor

Los termómetros de vapor a presión utilizan el hecho de que en una vasija cerrada que no contiene más que un líquido y su vapor, llenando el líquido sólo parcialmente el recinto, la presión es dependiente solamente de la especie del líquido y de su temperatura.

El termómetro de presión de vapor se parece al termómetro de gas a presión en que consta de un bulbo, un tubo de conexión de longitud fija, de 1.5 a 7.5 m de largo, y un elemento sensible a la presión. El bulbo está parcialmente ocupado por un líquido con una temperatura de ebullición bastante baja para producir una presión de trabajo de 5 a 35  $\text{Kg/cm}^2$  en el intervalo de temperaturas a cubrir.

El extremo superior de ese intervalo de presión debe ser mas bajo que el punto crítico del líquido.

Se emplean el cloruro de metilo, el anhídrido sulfuroso, el éter, el alcohol etílico y el tolueno, elegidos para la presión de vapor apropiada según las relaciones de temperatura, la inercia de los metales empleados o el sistema y la disponibilidad del líquido en forma pura.

Los citados líquidos cubren una gama de  $-180$  hasta  $300$  °C. La presión de vapor aumenta con la temperatura más rápidamente a medida que la temperatura se eleva, de suerte que la curva temperatura presión de vapor no es lineal, y las gráficas de temperatura tienen sus marcas de grados mucho más separadas en el extremo superior de la escala que en el inferior.

Un aparato registrador de  $10$  a  $100$  °C. puede tener divisiones de  $2$  grados C. entre  $10$  y  $40$  °C. y solamente de medio grado desde  $40$  hasta  $100$  °C. La exactitud de la lectura es escasa en el extremo inferior de la escala.

El nivel del bulbo con respecto al aparato de medición de la presión es importante, pues si la temperatura del tubo de conexión es inferior a la temperatura del bulbo, el vapor se condensará en el tubo de conexión. El aparato de medición de la presión está sometido a la presión del vapor en el bulbo más la carga hidrostática de esta columna de líquido si el bulbo está sobre el aparato de medición, o a la presión del vapor en el bulbo menos la carga hidrostática si el bulbo está bajo el aparato de medida.

Si la temperatura de operación del bulbo ha de ser más alta que la temperatura del aparato de medida de la presión, el instrumento se gradúa para una diferencia de nivel definida, deben hacerse correcciones si se cambia la elevación del bulbo. Un gran defecto en este sistema de medida es el trastorno debido al paso del líquido desde el bulbo al elemento de presión, o inversamente, cuando la temperatura medida cruza la temperatura del instrumento.

## **Gas**

Para usos industriales, un termómetro por presión de gas consta de un elemento que mide la presión, como el tubo Bourdon, conectado por un tubo capilar a una ampolla que se expone a la

temperatura que se ha de medir. El sistema se llena, a presión, con un gas inerte, ordinariamente el nitrógeno.

Puesto que la presión del gas en un recipiente cerrado es proporcional a su temperatura absoluta, el elemento medidor puede ser calibrado en grados de temperatura con una escala dividida uniformemente. Como el gas del elemento medidor y del tubo de conexión no está a la temperatura del bulbo, el volumen de éste tiene que ser grande para que los errores introducidos por la diferencia de temperatura del elemento medidor de la presión y del tubo capilar resulten insignificantes.

El bulbo debe tener por lo menos cuarenta veces el volumen del resto del sistema. Por ello, y a causa del retardo en la transmisión de los cambios de presión por el tubo capilar, la longitud de éste se limita a un máximo de 60 m, y es preferible mucho menos.

La presión inicial en el termómetro de gas es ordinariamente de 10 a 35 Kg/cm<sup>2</sup>.

El par de torsión producido es entonces amplio para operar una pluma registradora cuando la dimensión de la escala es 200 grados centesimales, o más. No se recomiendan escalas menores de 50 grados. Con una dimensión de escala de 200 grados, o más, la reproducibilidad de las lecturas es del orden de  $\pm 1/4$  % de aquella dimensión.

El tiempo de respuesta tiende a ser largo, en parte a causa de la necesidad de transmitir los cambios de presión por medio de un tubo de calibre fino y en parte a causa del gran volumen y escasa conductividad térmica del nitrógeno. Para el volumen suficiente, el bulbo tiene ordinariamente 22 mm de diámetro, lo que da una respuesta lenta. El tiempo de respuesta puede ser disminuido consiguiendo el volumen deseado mediante el empleo de un tubo largo de 6.5 mm, ordinariamente en forma de hélice de 5 cm.

Las variaciones en la presión barométrica no suelen ser tan grandes que afecten apreciablemente las indicaciones pero los grandes cambios en altitud deben ser corregidos en la graduación.

Los termómetros de gas a presión se emplean en temperaturas entre -270°C y + 500 °C, lo cual queda parcial o enteramente fuera de los límites de los sistemas de vapor a presión y en aplicaciones en que la menor exactitud y el mayor tamaño del

bulbo no exigen la elección de un termómetro de alto costo del tipo de expansión de líquido.

## TERMOMTERO DE RESISTENCIAS



Los termómetros de resistencia atornillables comprenden una conexión de instalación robusta hecha de acero inoxidable con rosca o conexión de brida, un cabezal de conexión de fundición de aluminio y un elemento de medición movable.

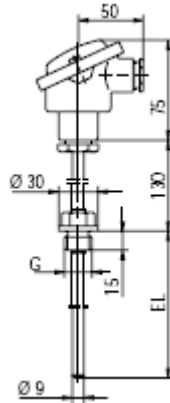
La inserción de medición también puede ser reemplazada sin vaciar el proceso. La funda soldable se provee como estándar los termómetros soldados de resistencia. Un sensor de PT100 según IEC 751, categoría B en sistemas circuitales de 2 hilos se acondiciona en la inserción de medición como estándar.

Estos sensores están disponibles como termómetros de resistencias simples o dobles. El termómetro de resistencia está disponible con un transmisor como opción.

Los termómetros de resistencia con transmisor se utilizan para transmitir señales sin ruido a largas distancias. El transmisor de dos hilos se encapsula en resina epóxica y se sitúa en el cabezal de conexión; su salida es una señal de salida lineal de temperatura de 4-20 mA.

## Aplicaciones

Los termómetros de resistencia son particularmente convenientes para medir temperatura en medios líquidos y gaseosos. Las áreas de aplicación deben ser encontradas en tecnología de aire acondicionado y de refrigeración, en la instalación de la calefacción, construcción de hornos, aparatos y máquinas, Así como en la industria en general.



## Termistor

Un termistor es una resistencia eléctrica que varía su valor en función de la temperatura. Existen dos clases de termistores: NTC y PTC.

### Termistor NTC

Un Termistor NTC (Negative Temperature Coefficient) es una resistencia variable cuyo valor se ve decrementado a medida que aumenta la temperatura. Son resistencias de coeficiente de temperatura negativo, constituidas por un cuerpo semiconductor cuyo coeficiente de temperatura es elevado, es decir, su conductividad crece muy rápidamente con la temperatura. Se emplean en su fabricación óxidos semiconductores de níquel, zinc, cobalto, etc.

La relación entre la resistencia y la temperatura no es lineal sino exponencial:

$$R = A * e^{\frac{B}{T}}$$

Donde A y B son constantes que dependen del termistor. La característica tensión-intensidad (V/I) de un termistor NTC presenta un carácter peculiar ya que, cuando las corrientes que lo atraviesan son pequeñas, el consumo de potencia ( $R \cdot I^2$ ) será demasiado pequeño para registrar aumentos apreciables de temperatura, o lo que es igual, descensos en su resistencia óhmica; en esta parte de la característica, la relación tensión-intensidad será prácticamente lineal y en consecuencia cumplirá la ley de Ohm.

Si seguimos aumentando la tensión aplicada al termistor, se llegará a un valor de intensidad en que la potencia consumida provocará aumentos de temperatura suficientemente grandes como para que la resistencia del termistor NTC disminuya apreciablemente, incrementándose la intensidad hasta que se establezca el equilibrio térmico. Ahora nos encontramos, pues, en una zona de resistencia negativa en la que disminuciones de tensión corresponden aumentos de intensidad.

## **Termistor PTC**

Un termistor PTC (Positive Temperature Coefficient) es una resistencia variable cuyo valor se ve aumentado a medida que aumenta la temperatura.

Los termistores PTC se utilizan en una gran variedad de aplicaciones: limitación de corriente, sensor de temperatura, desmagnetización y para la protección contra el recalentamiento de equipos tales como motores eléctricos. También se utilizan en indicadores de nivel, para provocar retardos en circuitos, como termostatos, y como resistores de compensación.

El termistor PTC pierde sus propiedades y puede comportarse eventualmente de una forma similar al termistor NTC si la temperatura llega a ser demasiado alta.

Las aplicaciones de un termistor PTC están, por lo tanto, restringidas a un determinado margen de temperaturas.

Hasta un determinado valor de voltaje, la característica I/V sigue la ley de Ohm, pero la resistencia aumenta cuando la corriente que pasa por el termistor PTC provoca un calentamiento y se alcanza la temperatura de conmutación. La característica I/V

depende de la temperatura ambiente y del coeficiente de transferencia de calor con respecto a dicha temperatura ambiente.

## Termopares

### Leyes, Curvas y Tablas de Termopares

Los termopares se utilizan extensamente, ya que ofrecen una gama de temperaturas mucho más amplia y una construcción más robusta que otros tipos. Además, no precisan alimentación de ningún tipo y su reducido precio los convierte en una opción muy atractiva para grandes sistemas de adquisición de datos. Sin embargo, para superar algunos de los inconvenientes inherentes a los termopares y obtener resultados de calidad, es importante entender la naturaleza de estos dispositivos.

Estudios realizados sobre el comportamiento de termopares han permitido establecer tres leyes fundamentales:

- I. **Ley del circuito homogéneo.** En un conductor metálico homogéneo no puede sostenerse la circulación de una corriente eléctrica por la aplicación exclusiva de calor.
- II. **Ley de metales intermedios.** Si en un circuito de varios conductores la temperatura es uniforme desde un punto de soldadura A a otro punto B, la suma algebraica de todas las fuerzas electromotrices es totalmente independiente de los conductores metálicos intermedios y es la misma que si se pusieran en contacto directo A y B.
- III. **Ley de las temperaturas sucesivas.** La f.e.m. generada por un termopar con sus uniones a las temperaturas  $T_1$   $T_3$  es la suma algebraica de la f.e.m. del termopar con sus uniones a  $T_1$   $T_2$  de la f.e.m. del mismo termopar con sus uniones a las temperaturas  $T_2$   $T_3$ .

## Cómo funcionan los Termopares

El comportamiento de un termopar se basa en la teoría del gradiente, según la cual los propios hilos constituyen el sensor. La Figura 2A ilustra este concepto. Cuando se calienta uno de los extremos de un hilo, le produce una tensión que es una función de (A) el gradiente de temperatura desde uno de los extremos del hilo al otro, y (B) el coeficiente de Seebeck, una constante de proporcionalidad que varía de un metal a otro.

Un termopar se compone sencillamente de dos hilos de diferentes metales unidos en un extremo y abiertos en el otro (Figura 2b). La tensión que pasa por el extremo abierto es una función tanto de la temperatura de la unión como de los metales utilizados en los dos hilos. Todos los pares de metales distintos presentan esta tensión, denominada tensión de Seebeck en honor a su descubridor, Thomas Seebeck.

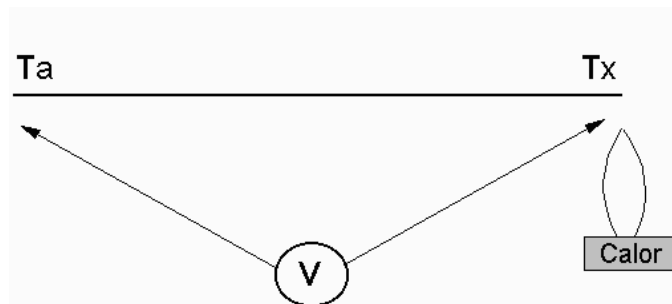
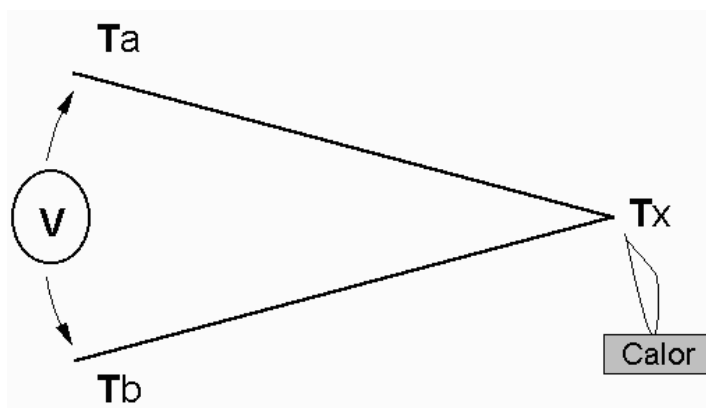


Figura 2a



## Figura 2b

En pequeñas gamas de temperaturas, los coeficientes de Seebeck de los dos hilos son constantes y la tensión de Seebeck es, por consiguiente, proporcional, pero en gamas más grandes, el propio coeficiente de Seebeck es una función de la temperatura, convirtiendo la tensión de Seebeck en no lineal. Como consecuencia, las tensiones del termopar también tienden a ser no lineales.

### **Temperatura relativa frente a temperatura absoluta**

Los RTD, termistores y sensores de IC miden todos ellos temperaturas absolutas, pero el termopar mide solamente temperaturas relativas, y el motivo resulta obvio cuando pensamos en la conexión de un termopar a un voltímetro o a un sistema de adquisición de datos. Supongamos que estamos utilizando un termopar Tipo J, que es el más normal y consiste en un hilo de hierro y otro de constantan (una aleación con un 45% de níquel y un 55% de cobre). ¿Qué ocurrirá cuando conectemos los dos hilos conductores de prueba, que probablemente sean de cobre? Que crearemos otros dos termopares (Figura 3), cada uno de los cuales aportará una tensión al circuito, con lo que tendremos tres termopares y tres temperaturas desconocidas.

La solución clásica a este dilema consiste en añadir un termopar opuesto y una unión de referencia a una temperatura conocida (Figura 4). En este ejemplo, el termopar opuesto es otra unión de cobre y hierro equivalente a la unión de cobre y hierro que hemos creado al añadir un hilo conductor de cobre al hilo conductor de hierro del termopar "real". Estas dos uniones, si están aisladas en un bloque isotérmico (temperatura constante), se anularán mutuamente.

Ahora tenemos sólo dos uniones, la unión original del termopar ( $T_x$ ) y la de referencia ( $T_{ref}$ ) que acabamos de añadir. Si

conocemos la temperatura de la unión de referencia, podremos calcular  $T_x$ . (Muchos sistemas de adquisición de datos y muchos voltímetros que efectúan medidas con un termopar realizan este cálculo de forma automática.)

Lamentablemente, la naturaleza de la temperatura dificulta un poco las cosas en este caso, ya que hay muy pocos puntos de referencia prácticos y económicos para la temperatura. Los puntos de congelación y ebullición del agua, a 0 y a 100 °C respectivamente, son prácticamente los únicos asequibles que nos ofrecen la Madre Naturaleza. Una forma habitual de determinar la temperatura de  $T_x$  es introducir físicamente la unión en un baño de hielo, forzando la temperatura a 0 °C. De hecho, todas las tablas de termopares utilizan un baño de hielo como referencia.

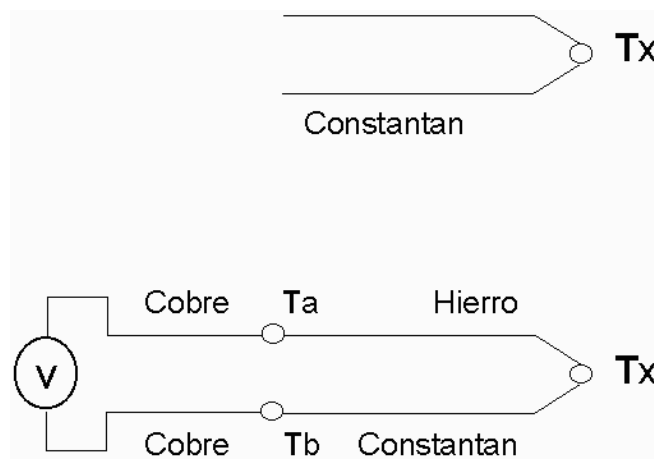


Figura 3

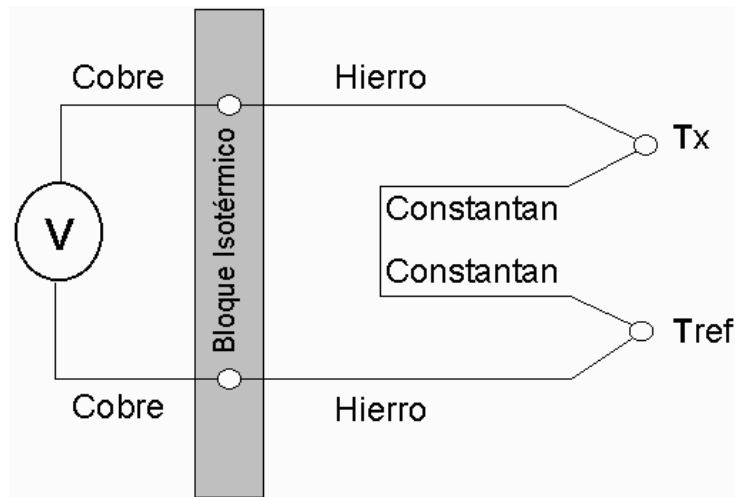
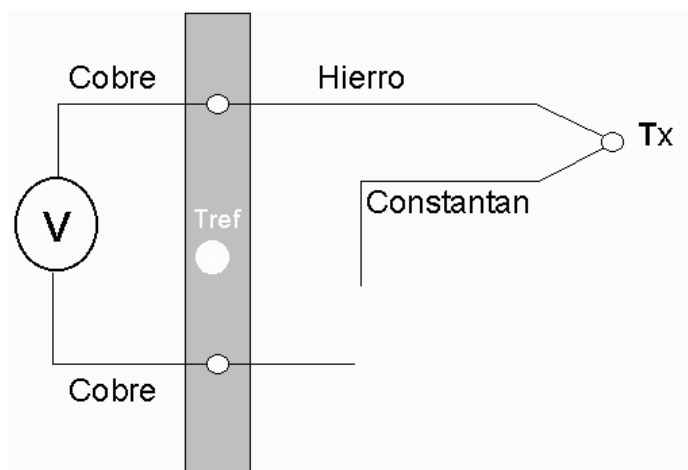


Figura 4

*Ahora, para simplificar el panorama*

El enfoque del baño de hielo ofrece lecturas exactas, pero no es precisamente el accesorio más indicado para un sistema de adquisición de datos y, además, seguimos teniendo que conectar dos termopares. El primer paso hacia la simplificación es eliminar el baño de hielo. Si medimos Tref con un dispositivo de medida de temperaturas absolutas (como por ejemplo un RTD) y compensamos el resultado matemáticamente, no tenemos necesidad de forzarlo a 0 °C.

El siguiente paso es eliminar el segundo termopar (Figura 5). Ampliando el bloque isotérmico para incluir Tref, ajustamos la temperatura del bloque isotérmico a Tref (puesto que los otros dos termopares del bloque siguen anulándose mutuamente).



## Figura 5

La determinación de  $T_{ref}$  es cuestión de medir la temperatura del bloque isotérmico con el RTD o con otro cualquier dispositivo de medida de temperaturas absolutas.

### **Cómo llegar a la respuesta (por fin)**

$T_{ref}$  es una de las dos cantidades que necesitamos conocer para calcular  $T_x$ . La otra es  $V$ , que medimos con el sistema de adquisición de datos (o voltímetro). Aplicando la fórmula  $V = (T_x - T_{ref})$ , podemos calcular tensiones equivalentes para los dos valores de temperatura y a continuación restar para determinar el valor de  $T_x$ .

En realidad, no queremos hacer el cálculo nosotros mismos, ya que el coeficiente no lineal de Seebeck convierte esta tarea en un trabajo rutinario. Como hemos dicho anteriormente, los voltímetros y los sistemas de adquisición de datos que efectúan medidas con termopares se encargan a menudo de realizar el cálculo.

A propósito, los coeficientes de Seebeck y las tensiones de salida resultantes son números *pequeños* (ver la Tabla 2), por lo que resulta difícil medir con exactitud tanto los niveles absolutos como los cambios relativos. En este punto el ruido eléctrico puede alterar la precisión de las medidas de temperatura. El acoplamiento magnético y electrostático se reduce utilizando cable de par trenzado, reduciendo al mínimo la longitud de los hilos conductores y permaneciendo alejado de campos magnéticos y eléctricos intensos. Por último, pero no por ello menos importante, se necesita instrumentación capaz de realizar medidas de bajo nivel limpias.

## Coeficiente de Seebeck

Tipo de Termopar	a 0 °C	a 100 °C	Tensión de salida a 100 °C
<b>B</b>	-0,25 V/C	0,90 V/C	0,033 mV
<b>E</b>	58,7 V/C	67,5 V/C	6,32 mV
<b>J</b>	50,4 V/C	54,4 V/C	5,27 mV
<b>K</b>	39,5 V/C	41,4 V/C	4,10 mV
<b>S</b>	5,40 V/C	7,34 V/C	0,65 mV

**Tabla .** Coeficientes de Seebeck y tensiones de salida para los termopares utilizados habitualmente. Las dos cifras que representan los coeficientes para cada uno de los tipos muestran la no linealidad a través de una amplia gama de temperaturas.

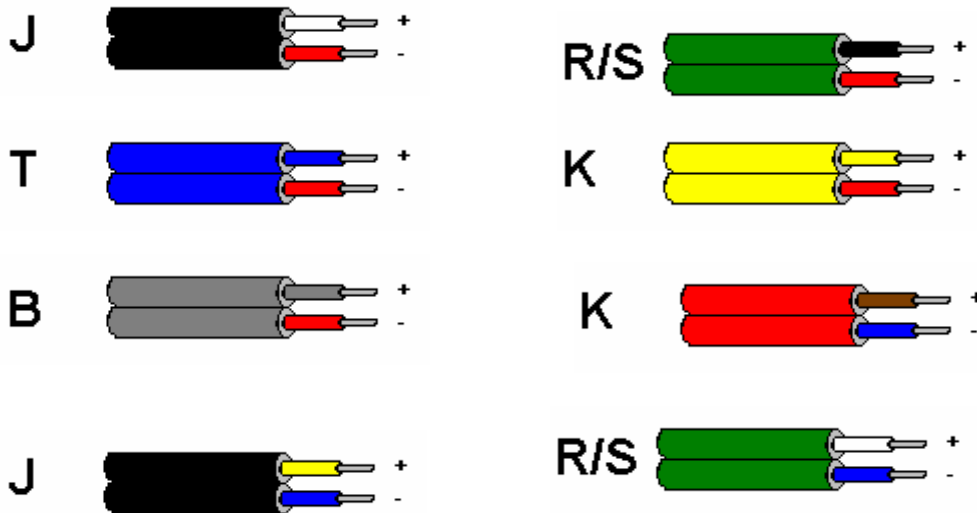
### Datos Técnicos de Referencia de las Termocuplas

Thermocouple Type	Names of Materials	Useful Application Range (°F)	mV
<b>B</b>	Platinum30% Rhodium (+) Platinum 6% Rhodium (-)	100 – 3270	0.007-13.499
<b>C</b>	W5Re Tungsten 5% Rhenium (+) W26Re Tungsten 26% Rhenium (-)	3000-4200	-
<b>E</b>	Chromel (+) Constantan (-)	32 – 1800	0 – 75.12
<b>J</b>	Iron (+) Constantan (-)	-300 – 1600	-7.52 – 50.05
<b>K</b>	Chromel (+) Alumel (-)	-300 – 2300	-5.51 – 51.05
<b>N</b>	Nicrosil (+) Nisil (-)	1200-2300	-
<b>R</b>	Platinum 13% Rhodium (+) Platinum (-)	32 - 2900	0 – 18.636
<b>S</b>	Platinum 10% Rhodium (+) Platinum (-)	32 - 2800	0 – 15.979
<b>T</b>	Copper (+) Constantan (-)	-300 – 750	-5.28 – 20.80

## Códigos de color de los Termocuplas

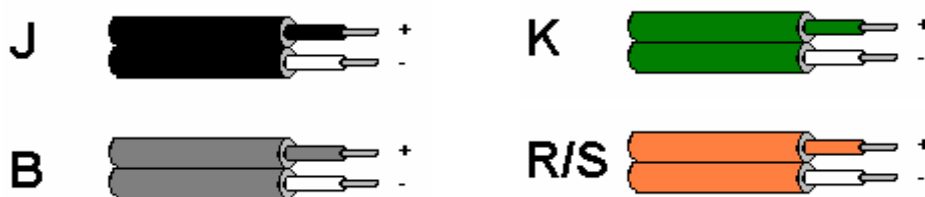
El alambrado de las termocuplas esta codificado dependiendo del tipo. Diferentes países utilizan códigos diferentes para los colores. Las códigos más comunes son:

### United States ASTM:



### British BS1843: 1952:

### British BS4937: Part 30: 1993:

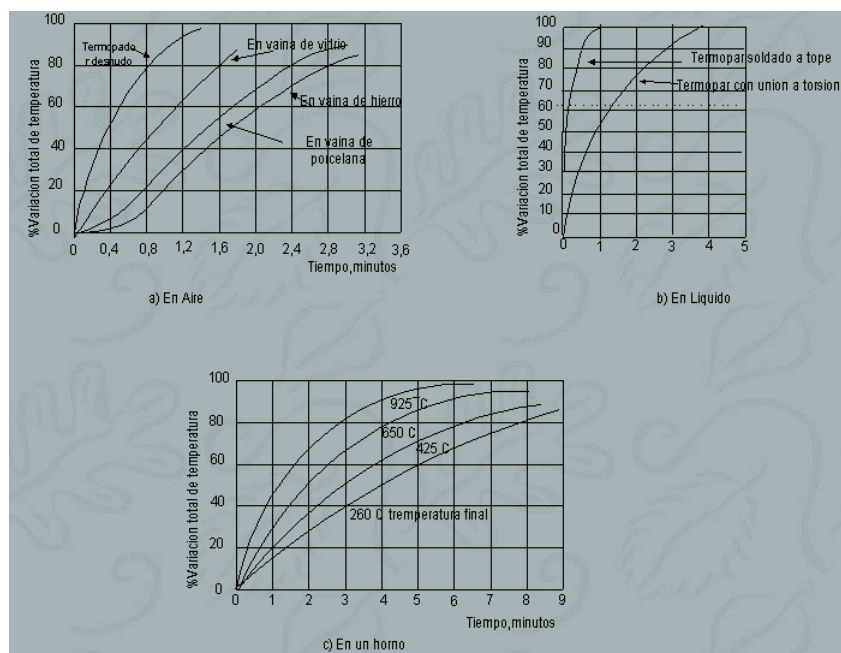


### French NFE:





German DIN:



## Circuito Galvanómetro

Los galvanómetros son los instrumentos principales en la detección y medición de la corriente. Se basan en las interacciones entre una corriente eléctrica y un imán. El mecanismo del galvanómetro está diseñado de forma que un imán

permanente o un electroimán produce un campo magnético, lo que genera una fuerza cuando hay un flujo de corriente en una bobina cercana al imán. El elemento móvil puede ser el imán o la bobina. La fuerza inclina el elemento móvil en un grado proporcional a la intensidad de la corriente. Este elemento móvil puede contar con un puntero o algún otro dispositivo que permita leer en un dial el grado de inclinación.

El galvanómetro de inclinación de D'Arsonval utiliza un pequeño espejo unido a una bobina móvil y que refleja un haz de luz hacia un dial situado a una distancia aproximada de un metro. Este sistema tiene menos inercia y fricción que el puntero, lo que permite mayor precisión. Este instrumento debe su nombre al biólogo y físico francés Jacques D'Arsonval, que también hizo algunos experimentos con el equivalente mecánico del calor y con la corriente oscilante de alta frecuencia y alto amperaje (corriente D'Arsonval) utilizada en el tratamiento de algunas enfermedades, como la artritis. Este tratamiento, llamado diatermia, consiste en calentar una parte del cuerpo haciendo pasar una corriente de alta frecuencia entre dos electrodos colocados sobre la piel. Cuando se añade al galvanómetro una escala graduada y una calibración adecuada, se obtiene un amperímetro, instrumento que lee la corriente eléctrica en amperios. D'Arsonval es el responsable de la invención del amperímetro de corriente continua.

Sólo puede pasar una cantidad pequeña de corriente por el fino hilo de la bobina de un galvanómetro. Si hay que medir corrientes mayores, se acopla una derivación de baja resistencia a los terminales del medidor. La mayoría de la corriente pasa por la resistencia de la derivación, pero la pequeña cantidad que fluye por el medidor sigue siendo proporcional a la corriente total. Al utilizar esta proporcionalidad el galvanómetro se emplea para medir corrientes de varios cientos de amperios.

Los galvanómetros tienen denominaciones distintas según la magnitud de la corriente que pueden medir.

### **Microamperímetros**

Un microamperímetro está calibrado en millonésimas de amperio y un miliamperímetro en milésimas de amperio.

Los galvanómetros convencionales no pueden utilizarse para medir corrientes alternas, porque las oscilaciones de la corriente producirían una inclinación en las dos direcciones