

Cómo medir temperatura y evitar quemaduras en el proceso

Capítulo 1. Medición de temperatura en aplicaciones de proceso.

Mirko Torrez Contreras

mirkotc@gmail.com

<https://www.linkedin.com/in/mirkotorrezcontreras/>

Sobre el autor

Mirko Torrez Contreras es un consultor y entrenador en Automatización de Procesos. Su último tema de interés es la temperatura.

Este artículo ha sido patrocinado por Phoenix Contact. Las opiniones expuestas en este artículo son estrictamente personales. Toda la información requerida y empleada en este artículo es de conocimiento público.

Fuente: <https://www.linkedin.com/pulse/cómo-medir-la-temperatura-evitando-quemaduras-en-el-1-mirko-azijf/>

URL estable: <https://www.editores.com.ar/node/8196>

Aunque la mayoría de las variables típicas presentes en las aplicaciones de proceso se pueden medir correctamente con el transmisor adecuado, ya sea mediante una interfaz de 4-20 mA, HART, IEC 61158-2 o, desde hace poco tiempo, Ethernet-APL, la medición de temperatura sigue siendo una variable algo oscura, la cual requiere un poco más de trabajo con el instrumento que utilizemos.

La razón detrás de este trabajo extra es que los dispositivos transductores típicamente utilizados para la medición de temperatura realizan estas tareas generando variaciones muy pequeñas de variables eléctricas, ya sea en el rango de los milivoltios o en el rango de los miliohmios.

Podemos trabajar de manera bastante sencilla con instrumentos que utilizan los rangos tradicionales de corriente y voltaje de 4-20 mA y 10-30 Vcc porque los hemos estado utilizando durante mucho tiempo, pero medir variables como milivoltios o miliohmios está algo más allá de nuestras experiencias diarias.

Antes de comenzar a analizar el sensor de temperatura más utilizado y cómo funcionan, repasemos qué es la temperatura en sí misma.

La medición de temperatura sigue siendo una variable algo oscura, la cual requiere un poco más de trabajo con el instrumento que utilizemos.



Figura 1. Si va a medir temperaturas, prepárese para realizar algunos ajustes.

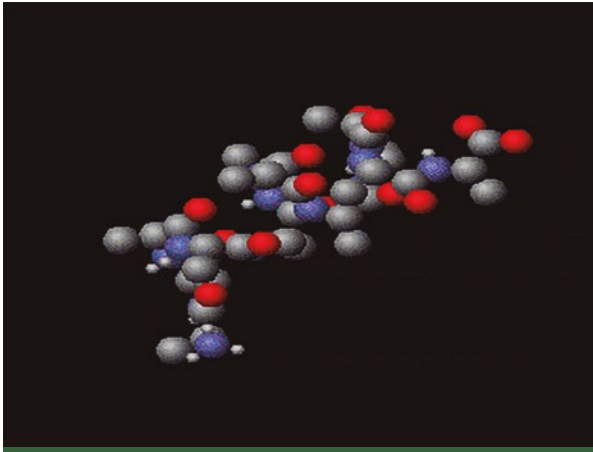


Figura 2. La física moderna explica la temperatura como una indicación de la energía cinética promedio que existe en las moléculas que conforman una sustancia.

Temperatura

La física moderna explica la temperatura como una indicación de la energía cinética promedio que existe en las moléculas que conforman una sustancia. A medida que la temperatura aumenta, más energía es absorbida por las moléculas. Esa energía se manifiesta como energía cinética. Esta energía se manifiesta en vibraciones de las moléculas que forman la sustancia.

Las interpretaciones anteriores definían la temperatura como la relación entre la energía térmica promedio de las partículas en un gas, según lo definido por la constante de Boltzmann. Esta característica de una sustancia se conocía como "temperatura termodinámica".

El concepto termodinámico de temperatura implicaba que esta variable tenía una naturaleza absoluta. Este es un hecho que puede explicarse por el concepto del motor de Carnot. Carnot dijo que las temperaturas estaban relacionadas con la cantidad de trabajo que se podía obtener mediante la transferencia de una cantidad de calor entre un depósito de gas caliente y un depósito de gas frío. Por lo tanto, debería existir una temperatura mínima absoluta tal que, cuando un volumen de gas alcanzara este valor, ya no sería posible obtener trabajo de él.

Estos conceptos requieren la comprensión de algunos términos complejos de física, lo que hace que la temperatura sea una variable más abstracta que otras como nivel, flujo o volumen.

Otro problema que considerar es que la medición de temperatura se realiza con diversos tipos de termómetros que proporcionan un valor de medición indirecto. Eso significa que debemos inferir el valor medido creando una relación entre la variable que queremos medir y la correspondiente variación de una propiedad física del dispositivo que estamos utilizando como instrumento. Este dispositivo generalmente recibe el nombre de "transductor".

Los dispositivos transductores típicos utilizados para la medición de temperatura realizan estas tareas generando variaciones muy pequeñas de voltaje (termopares en el rango de milivoltios) o de la resistencia de un material de referencia (TRD en el rango de miliohmios).

Escalas de temperatura

A los fines prácticos, se han desarrollado varias escalas de medición de temperatura a lo largo del tiempo. Desafortunadamente, estas escalas de temperatura no se pueden convertir entre sí

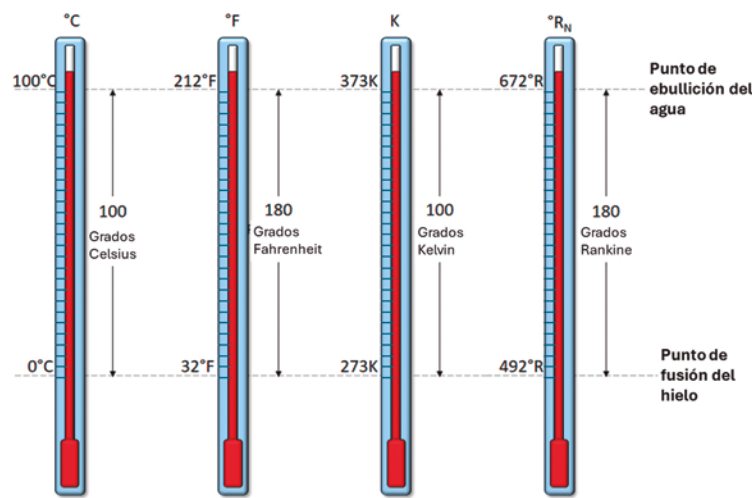


Figura 3. Existen diversas escalas que miden la temperatura.

de manera intuitiva, o sencilla, como utilizando un factor de conversión. La razón es la diversidad de criterios empleados para definir las.

Estas escalas se describen a continuación.

La escala Fahrenheit

El físico alemán Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736) presentó esta escala en 1724. Se basa en el grado Fahrenheit (°F): el inferior (0 °F) es el punto de congelación de una solución que contiene agua, hielo y cloruro de amonio, que se define como "cero °F", según el escrito original.

Las razones por las cuales Fahrenheit decidió usar esta solución son dos:

- » primero, que Fahrenheit intentó utilizar un entorno que pudiera proporcionar las condiciones físicas más repetibles para sus experimentos y,
- » segundo, que además intentó definir un rango de 0 a 100 °F de acuerdo con las temperaturas más altas y bajas que el cuerpo humano puede alcanzar. El límite superior de la escala se basó en la temperatura promedio del cuerpo humano, que inicialmente se fijó en 90 °F, luego se cambió a 96 (aunque la

temperatura del cuerpo humano es realmente 98,6 °F).

Los dispositivos transductores típicos utilizados para la medición de temperatura realizan estas tareas generando variaciones muy pequeñas de voltaje

Mi punto de vista personal es que estos límites son caprichosos. Aunque Fahrenheit intentó encontrar un punto inferior repetible para su escala, su elección para el límite superior es extraña, porque la temperatura del cuerpo humano no es precisamente un valor constante. De hecho, puede tener diferentes valores en diferentes partes del cuerpo, y también varía en diferentes horas del día. Más tarde, para resolver este problema, Fahrenheit descubrió que el punto de ebullición del agua era 212 °F y decidió usar esta propiedad del agua como límite superior de su escala.

Dado que he usado la escala Celsius toda mi vida, no puedo relacionar fácilmente ambas escalas. Lo cual es exactamente el argumento que esgrime Estados Unidos para seguir usando la escala Fahrenheit. He discutido este tema con un número considerable de ciudadanos estadounidenses,



y todos tienden a tener el mismo punto de vista: su familiaridad con la escala Fahrenheit les permite relacionar fácilmente rangos de 10 °F y averiguar si será un día frío o caluroso.

En 2007, la escala de temperatura Celsius se redefinió según la escala Kelvin. Es la escala de temperatura más utilizada en el mundo, con solo dos excepciones: Estados Unidos y Liberia.

La escala Celsius

El astrónomo sueco Anders Celsius (1701–1744) propuso el uso de esta escala en 1742. Definió una escala de cien grados, por lo que también se conocía como “la escala centígrada”. Finalmente, fue nombrada como “escala Celsius” por el Comité Internacional de Pesas y Medidas en 1948 como un homenaje personal a su inventor.

Los puntos de congelación y ebullición del agua se hicieron populares como puntos de referencia tras el trabajo de Anders Celsius. Eventualmente, estos puntos fijos fueron adoptados por un comité de la Royal Society, liderado por Henry Cavendish en 1776-77.

En la escala Celsius, el punto inferior es 0 °C, el punto de congelación del agua a 1 atmósfera (1 bar), y el punto superior es 100 °C, el punto de ebullición del agua a 1 bar. Curiosamente, Celsius originalmente definió los puntos al revés, siendo el punto inferior 100 °C y el punto superior 0 °C.

La razón de este enfoque fue que Celsius quería crear una escala de temperatura para describir cómo las cosas se enfrían con el tiempo, en lugar de cómo se calientan. Pero por razones prácticas, este enfoque se invirtió rápidamente en aplicaciones de la vida real.

En 2007, la escala de temperatura Celsius se redefinió según la escala Kelvin. Es la escala de temperatura más utilizada en el mundo, con solo dos excepciones: Estados Unidos y Liberia.

La escala Kelvin

En 1848, William Thomson, un físico británico que más tarde se desempeñaría como presidente de la Royal Society (de 1890 a 1895) y recibiría el título honorífico de Lord Kelvin en 1892, presentó la idea de una escala de temperatura absoluta.

No satisfecho con los caprichosos puntos límite elegidos para las escalas Fahrenheit y Celsius, después de estudiar la relación entre el volumen, la presión y la temperatura de todos los gases, él y su colaborador James Joule (sí, ese Joule) llegaron a la conclusión de que existía un valor de temperatura mínima absoluta límite que se podía alcanzar.

El cálculo se basó en el principio termodinámico que dice que, para producir trabajo en un sistema cerrado, debe haber una diferencia de temperatura en ese sistema. Por lo tanto, dado que es un sistema cerrado que no recibe energía del exterior, debe llegar a un nivel de temperatura tan bajo que no se pueda producir trabajo una vez que se haya alcanzado.

Este punto es el cero absoluto, y experimentos posteriores demostraron que a esta temperatura las moléculas detienen su vibración y movimiento, y que solo los fenómenos de la mecánica cuántica podrían afectarlas.

El valor de la temperatura del cero absoluto es $-273,15$ grados Celsius o $-459,67$ grados Fahrenheit. La unidad que utiliza es el grado Kelvin o °K (una diferencia de temperatura de 1 °K es igual a 1 °C). Es imposible alcanzar temperaturas más bajas.

De hecho, las diferencias de temperatura entre diferentes volúmenes de gas en un sistema cerrado están relacionadas con el nivel de entropía de ese sistema.

Dado que la entropía se puede calcular mediante la siguiente función:

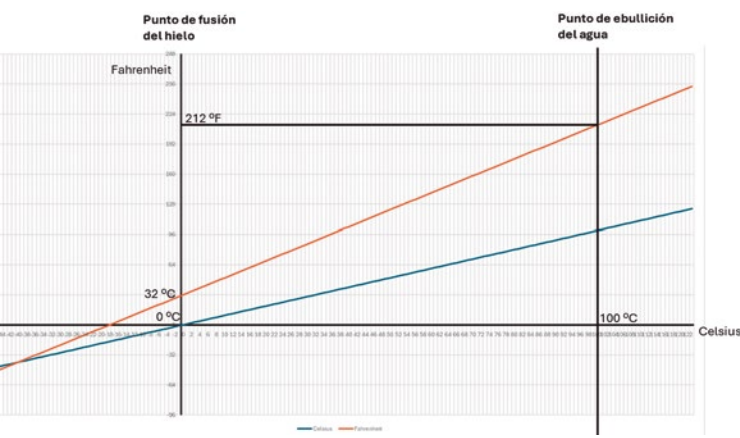


Figura 4. Las escalas Fahrenheit y Celsius no se pueden convertir fácilmente entre sí utilizando un factor de conversión porque, de hecho, son dos ecuaciones lineales diferentes en un plano que tienen diferentes gradientes o pendientes.

$$S_2 - S_1 = Q_{2 \rightarrow 1} / T \tag{1}$$

donde 'S₂ - S₁' es la variación de entropía en el sistema, 'Q' es la cantidad de trabajo generado y 'T', la temperatura absoluta del sistema.

Esta función es asintótica cuando se resuelve para la temperatura:

$$T = Q_{2 \rightarrow 1} / (S_2 - S_1) \tag{2}$$

Esto significa que el cero absoluto ('T = 0 °K') no se puede alcanzar nunca, porque eso significaría que la entropía del sistema es infinita. Podemos acercarnos tanto como podamos enfriar el sistema, pero nunca alcanzará el cero absoluto.

De hecho, una de las consecuencias del tercer principio de la termodinámica, también conocido como "el postulado de Nernst", por Walther Hermann Nernst Görbitz (1864-1941), afirma que es imposible alcanzar el cero absoluto en un número finito de pasos y que la entropía de un sistema cerrado, cuya temperatura tiende al cero

absoluto, tiende a su vez a un valor constante específico.

El postulado de Nernst fue demostrado matemáticamente en 2017, en un artículo publicado por los físicos Lluís Masanes y Jonathan Oppenheim, miembros del Departamento de Física y Astronomía del University College ubicado en Londres.

La escala Rankine

Esta es una escala absoluta de temperatura termodinámica nombrada en honor al ingeniero y físico escocés Macquorn Rankine, quien la propuso en 1859. Es una escala de temperatura absoluta como la escala Kelvin, el cero en la escala Rankine es el cero absoluto, pero una diferencia de temperatura de un grado Rankine (°R o °Ra) se define como igual a un grado Fahrenheit, en lugar del grado Celsius utilizado en la escala Kelvin. Raramente utilizada hoy en día, funciona de la misma manera que la escala Kelvin en relación con la escala Celsius.

Las escalas Fahrenheit y Celsius no se pueden convertir fácilmente entre sí utilizando un factor de conversión porque, de hecho, son dos ecuaciones lineales diferentes en un plano que tienen diferentes gradientes o pendientes.

Palabras finales

Habiendo explicado cómo se emplean las escalas de temperatura más utilizadas, podemos describir y analizar los dos sensores más populares para la medición de temperatura y cómo funcionan y se utilizan. Futuros escritos abordarán estos temas. ■

El cero absoluto ('T = 0 °K') no se puede alcanzar nunca, porque eso significaría que la entropía del sistema es infinita.
