

Medición y calibración de la temperatura:

Lo que todo técnico en instrumentos debería saber

Nota de aplicación

Introducción

La temperatura puede ser el parámetro físico más comúnmente medido. Sin embargo, nunca ha habido tantas maneras de medirla como hoy en día. Con tantas opciones es normal que surjan algunas preguntas. ¿Cómo mido la temperatura? ¿Cuán exacta es mi medición? ¿Cuál es el rango de temperatura requerido? ¿Qué tipo de dispositivo mide mejor la temperatura? ¿Requiere certificación mi instrumento?

Estas son preguntas muy comunes que surgen al necesitar medir la temperatura. Es posible utilizar una variedad de dispositivos de medición para la temperatura; termómetros de líquido en vidrio (LIG), termopares (TC), termistores, detectores de temperatura de resistencia (RTD), termómetros de resistencia de platino (PRT) y termómetros estándar de resistencia de platino (SPRT). Esta nota de la aplicación se centra en las mediciones electrónicas de temperatura y ayuda a aclarar las respuestas a algunas de estas preguntas molestas. Más información sobre estos temas disponible en www.fluke.com.

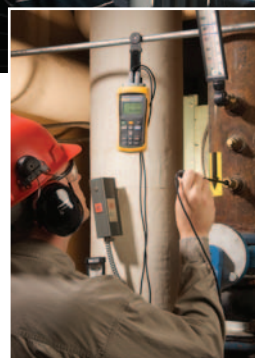
¿Cómo mido la temperatura?

Después de insertar un sensor de temperatura en el área que se desea medir, hay que esperar un tiempo hasta que se estabilice la lectura de la temperatura. Para que el termómetro se estabilice en la temperatura correcta, la sonda debe sumergirse lo suficiente. Algunos termómetros requieren más profundidad de inmersión que otros. La mayoría de los termómetros de precisión requieren que se los sumerja entre cuatro

y seis pulgadas en un líquido o pozo bastante ajustado, según el diámetro de la sonda. Los mejores resultados en cuanto a exactitud y tiempo de estabilización se obtienen cuando se puede insertar la sonda en un líquido revuelto. Los espacios de aire entre las sondas y las superficies sólidas implican tiempos de estabilización mayores y requieren una inmersión más profunda que al tratarse de un líquido. Los termómetros especializados se necesitan para medir temperaturas en superficies y situaciones en las que el cable de la sonda se expondrá a temperaturas extremas.

A menudo los dispositivos que miden y muestran la temperatura necesitan verificarse o calibrarse con un termómetro de referencia. La exactitud se mejora cuando se reduce la distancia entre los dos termómetros. Un procedimiento recomendado es alinear los centros de los elementos sensores del termómetro de referencia y del dispositivo que se está evaluando. Tenga en cuenta que la ubicación del centro del sensor depende del modelo y el tipo de sensor (es decir, PRT, termopar, bimetálico).

Un método común para calibrar los sensores de temperatura es quitarlos de donde se encuentran instalados y colocarlos en un calibrador de horno seco o un microbaño. Estos calibradores proporcionan un entorno de temperatura estable para un rango de temperaturas con el fin de comparar el termómetro a prueba con la pantalla del calibrador o un termómetro de referencia para una mayor exactitud. Alternativamente, los sensores de temperatura pueden calibrarse o verificarse sin quitarlos de la ubicación donde



están instalados. Por lo general, esto se realiza insertando un termómetro de referencia en un pozo térmico, un pozo de inmersión o un dispositivo de alojamiento de termómetro instalado al lado del termómetro que se desea evaluar. En otros casos, el elemento sensor del termómetro de referencia debe ubicarse dentro del congelador, el horno o la cámara ambiental que se verifica, calibra o ajusta.

En estos casos, a menudo resulta necesario registrar datos durante un periodo de tiempo, como algunas horas, para verificar el rendimiento. A veces se registran estadísticas como el valor promedio, máximo y mínimo o la desviación estándar.

La evaluación del rendimiento de energía de los sistemas de vapor, las torres de enfriamiento, los intercambiadores de calor y los sistemas de refrigeración, así como las turbinas y los motores de combustión interna y externa, requiere la medición de las diferencias entre las temperaturas de entrada y de salida. A veces estas mediciones tienen que hacerse desde fuera de la tubería utilizando termopares, sensores de capa fina o mediciones de temperatura infrarrojas. Sin embargo, la mayor exactitud se alcanzará cuando un pozo térmico se ha instalado adecuadamente en las tuberías tanto de entrada como de salida, para que sea posible insertar la sonda y que se sumerja lo suficiente. Como el diámetro de las tuberías resulta a veces un factor limitante para la inmersión, la mejor ubicación para un pozo térmico es en un codo de la tubería, de modo tal que la sonda pueda insertarse de manera paralela al flujo del fluido, con toda la inmersión necesaria.

¿Cuánta exactitud se necesita?

Las decisiones sobre la exactitud deben tomarse con cuidado. Las inexactitudes provocan errores y los errores cuestan dinero. Los errores podrían ocasionar tiempo sin funcionamiento, costos de energía excesivos, tasas elevadas de defectos en los productos, riesgos de seguridad y amenazas para la salud pública.

TUR	Aceptado	Falsa aceptación	Rechazado	Falso rechazo
1:1	843	17	157	128
2:1	925	12	75	41
3:1	941	9	59	22
4:1	947	8	53	15

Tabla 1. Tabla "Y si..." que sintetiza el riesgo de falsa aceptación y el riesgo de falso rechazo para un escenario hipotético de 1000 instrumentos que están realmente un 95 % en la tolerancia. Se presume una distribución normal sin banda de guarda.

Los ingenieros de diseño especifican los termómetros para el control o la supervisión de la temperatura. Estas especificaciones deberían incluir la exactitud de los termómetros. Un ingeniero de diseño, un ingeniero de calidad o un metrologo debería también especificar los requisitos de calibración. Sin embargo, no es poco usual que los técnicos en instrumentos reciban un trabajo de calibración y poca información o ningún dato sobre los requisitos de calibración.

Una estrategia común de calibración es reducir los errores manteniendo la incertidumbre de los estándares de calibración a un porcentaje bajo de la exactitud del termómetro en evaluación. Este porcentaje se describe generalmente como relación de incertidumbre de prueba (TUR). Por ejemplo, la TUR de 4:1 utilizada por el sector militar y otros sectores mantiene la incertidumbre colectiva de los estándares de calibración en 25 % de la exactitud del termómetro en evaluación. A fines comparativos, una TUR de 2:1 significa que la incertidumbre es del 50 % de la exactitud del

termómetro, y si el termómetro de referencia tiene la misma exactitud que el termómetro en evaluación, entonces la TUR es de 1:1. La última TUR nunca se recomienda para la calibración y produciría resultados pocos confiables.

Con un estándar de calibración más preciso, puede identificar más dispositivos de campo fuera de la tolerancia reales. La Tabla 1 ilustra la frecuencia esperada de errores para varias TUR. La Tabla 1 se basa en un escenario en el que 950 de 1000 instrumentos estén realmente en tolerancia. Por ejemplo, si la totalidad de 1000 se calibran con una TUR de 2:1, entonces esperamos que 926 se encuentren en la tolerancia (aceptados), de los cuales 12 están realmente fuera de la tolerancia (falsa aceptación). De los 74 que se espera que sean rechazados, 41 se espera que estén realmente en la tolerancia (falso rechazo). El costo incurrido por cada uno de esos instrumentos rechazados falsamente podría oscilar entre 50 dólares por cada uno por una casa de calibración y 10 000 dólares por cada uno en tiempo sin funcionamiento en la industria de proceso químico.

	Intervalo de temperatura	Exactitud	Costo
Termopares de metal noble (Tolerancias especiales)	R, S: -50 °C a 1760 °C	> ± 0,6 °C	Med
Termopares de metal base (Tolerancias especiales)	B: 0 °C a 1820 °C -270 °C a 1000 °C J: -210 °C a 1200 °C K: -270 °C a 1370 °C N: -270 °C a 1300 °C T: -270 °C a 400 °C	± 0,25 % > ± 1 °C > ± 1,1 °C > ± 1,1 °C > ± 1,1 °C > ± 0,5 °C	Baja Baja Baja Baja Baja Baja
PRT y SPRT	Industrial: -80 °C a 480 °C Referencia: -200 °C a 660 °C Alta temp: 0 °C a 1000 °C	± 0,05 - 0,1 °C ± 0,001 - 0,02 °C ± 0,01 - 0,02 °C	Baja - Med Med - Alta Med - Alta
Termistores de precisión	0 °C a 100 °C	± 0,002 °C	Med

Tabla 2. Compensación del sensor de temperatura entre el costo, la exactitud y el rango de temperatura. Los sensores de mayor exactitud son los más caros. A menudo se sacrifica la exactitud a cambio de un rango de temperatura más amplio.

Tipos de sondas de termómetro

Nunca han existido tantas opciones de sensores de temperatura (tipos de sondas) disponibles para sus mediciones como en la actualidad. Con tantas opciones, la tarea puede demandar mucho tiempo y volverse difícil sin algo de ayuda. Los factores más importantes son el costo, la exactitud y el rango de temperatura. La Tabla 2, en la página anterior, ilustra la compensación entre estos factores para varios tipos de termómetros.

Termopares (TC)

Los termopares son sensores de temperatura que miden la temperatura generando una pequeña señal de voltaje proporcional a la diferencia de temperatura entre las uniones de dos metales diferentes. Una unión (la unión de medición) suele estar revestida en una sonda de sensor en el punto de medición; la otra unión (la unión de referencia) suele estar conectada al instrumento de medición. El instrumento de medición mide dos cosas: la señal de voltaje y la temperatura de la unión de referencia. A partir de esas dos cosas, el instrumento computa la temperatura en el extremo medidor de la sonda. Es importante tener en cuenta que el voltaje generado por el sensor no se basa en la temperatura absoluta de la unión de medición, sino más bien en una diferencia de

temperatura entre la unión de medición y la unión de referencia.

Los tipos de termopares se distinguen por los metales utilizados en cada pata del termopar. Todos los termopares de metal noble contienen platino en una pata del termopar y son: Tipo S, Tipo R, Au/Pt y Pt/Pd. Los termopares de metal base son: Tipo B, Tipo E, Tipo J, Tipo K, Tipo N y Tipo T. Estos termopares vienen en dos clases de exactitud: límites estándares de error y límites especiales de error. Los termopares con límites especiales de error son los más exactos. Las tablas de termopares designados con letras están disponibles en el sitio web del NIST o en la monografía 175 del NIST. Una calculadora de sensibilidad y voltaje de termopares también está disponible en el sitio web www.fluke.com.

La compensación de unión de referencia es uno de los contribuidores más significativos para la exactitud de una medición de termopar. Las tablas de termopares como las de la monografía 175 del NIST se basan en una temperatura de unión de referencia de 0 °C. Aunque es posible usar uniones de referencia externas para alcanzar esto con un baño de hielo, el cable del termopar por lo general se conecta directamente a los bornes de conexión del indicador del termopar a temperatura ambiente. Una compensación de unión de referencia automática se

necesita para compensar la desviación de 0 °C. Un termistor de punta redondeada se usa generalmente para medir la temperatura de la unión. El indicador mide la resistencia del termistor y calcula una corrección para la temperatura del termopar. En la Figura 2, el cable del termopar se encuentra con un cable de cobre en los bornes de conexión del medidor formando la unión de referencia (J). La temperatura de la región que rodea los bornes de conexión (TJ) se suele medir con un termistor. La compensación de unión de referencia automática se logra midiendo la diferencia desde 0 °C en los bornes de conexión (TJ) y compensándola de manera digital. La exactitud de esta medición tiene un impacto significativo en la exactitud de la medición general de la temperatura.

Medición de temperatura basada en la resistencia

Un RTD es un elemento sensor de temperatura que relaciona la temperatura con su propia resistencia. Existen varios tipos de RTD. Los elementos sensores de RTD incluyen bobinas de cable de platino (PRT), cable de níquel, cable de cobre, capas finas, entre otros. Otro sensor basado en la resistencia es el termistor que está hecho de material semiconductor. La Figura 3 ilustra un circuito simple de medición de dos cables. El elemento

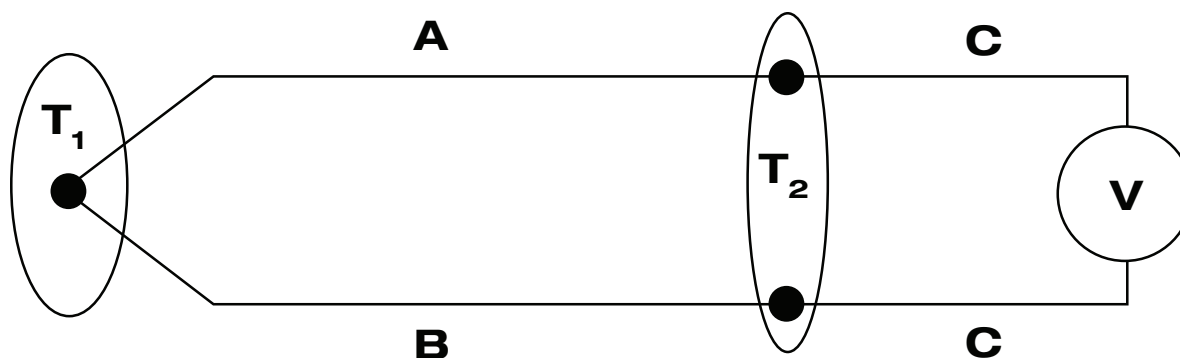


Figura 1. Modelo de un circuito de termopar en el que A y B son diferentes cables de termopar, T1 representa la temperatura de la unión de medición y T2 representa la temperatura de la unión de referencia. La temperatura absoluta en T1 no produce el voltaje medido en V; por el contrario, la diferencia de temperatura entre T1 y T2 produce el voltaje medido.

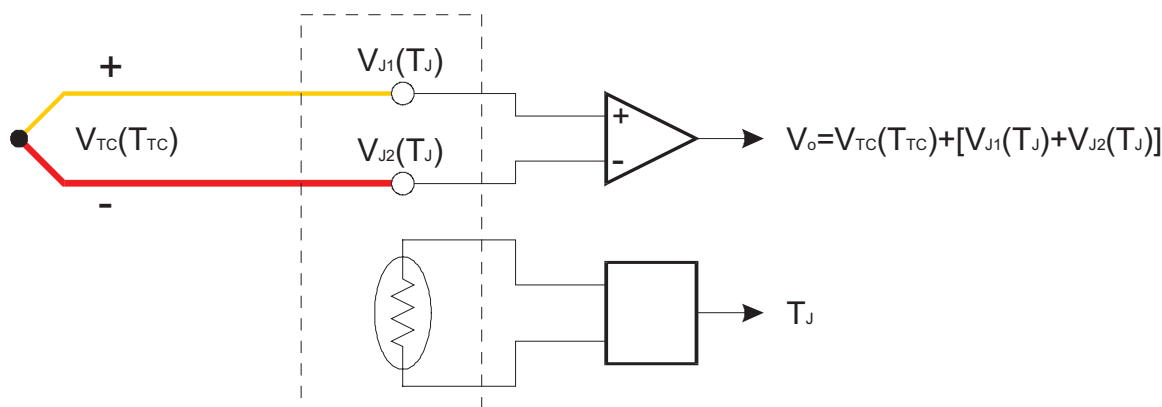


Figura 2. La compensación de unión de referencia es uno de los contribuidores más significativos para la exactitud de una medición de termopar. Atención: algunos fabricantes pueden no anunciar este aspecto importante de su exactitud.

sensor se llama R_T . Los terminales conductores tienen resistencias limitadas llamadas R_{L1} y R_{L2} .

Cuando la corriente pasa por el sensor, el ambiente se volverá un poco más cálido debido a la disipación de energía. Cuanta más resistencia o corriente haya, más energía se disipa ($P=I^2R$). La autocalfacción será mayor en aire porque el calor no saldrá tan efectivamente como en un fluido revuelto. Los errores de autocalfacción pueden minimizarse utilizando el mismo nivel de corriente utilizado durante la calibración. Es especialmente importante usar la corriente correcta en los termistores porque estos pueden tener resistencias muy grandes que causen una autocalfacción mayor.

La inversión de corriente es una técnica muy eficaz utilizada en las mediciones de resistencia para eliminar errores asociados con los EMF térmicos. Los EMF térmicos son voltajes no deseados en un circuito de medición de resistencia causados por el mismo principio que produce un voltaje en los termopares. La medición se realiza con la corriente fluyendo en una dirección y luego nuevamente con la corriente fluyendo en la dirección contraria. Los EMF termoeléctricos se eliminan calculando el promedio de los resultados de ambos conjuntos de mediciones. Esta técnica usada por muchos instrumentos modernos mejora la estabilidad de medición y reduce errores significativos que son comunes en otros instrumentos.

Termómetros de resistencia de platino

Un elemento termómetro de resistencia de platino (PRT) contiene bobinas de cable de platino de alta pureza. La resistencia de un elemento PRT varía de manera más lineal con la temperatura que



cualquier otro sensor de temperatura. Un termómetro de resistencia de platino estándar (SPRT) es el sensor de temperatura más exacto que existe y se utiliza en laboratorios nacionales de normas y en la industria para la trazabilidad de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (ITS-90). El texto completo de la ITS-90 está disponible en www.bipm.org.

La medición de la temperatura con un PRT requiere correlacionar la resistencia del elemento sensor con la temperatura utilizando las ecuaciones y los coeficientes correctos. Afortunadamente, la mayoría de los dispositivos indicadores de termómetros admiten estas ecuaciones, por lo que los cálculos se realizan automáticamente. Algunos ejemplos son las ecuaciones de la ITS-90, las ecuaciones de Callendar Van Dusen (CVD) y las ecuaciones polinómicas. El mejor rendimiento con PRT puede alcanzarse generalmente con las ecuaciones de la ITS-90. Algunos PRT no calibrados e

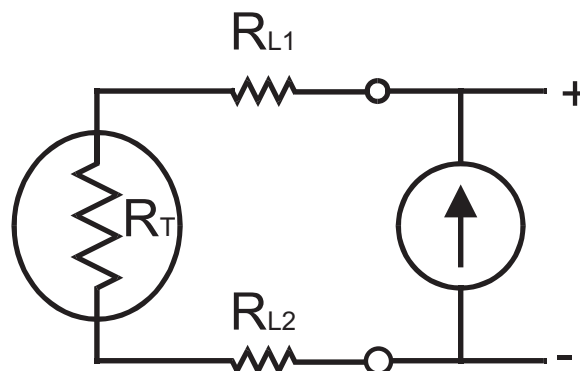


Figura 3. La corriente pasa por el elemento sensor para producir un voltaje medido por un medidor. La resistencia del terminal conductor en mediciones de dos cables provoca errores de medición de temperatura potencialmente importantes. Otros tipos de mediciones de resistencia incluyen las mediciones de resistencia de tres cables y de cuatro cables. Las mediciones de cuatro cables se prefieren en las aplicaciones de temperatura porque eliminan la resistencia del terminal conductor de la medición.

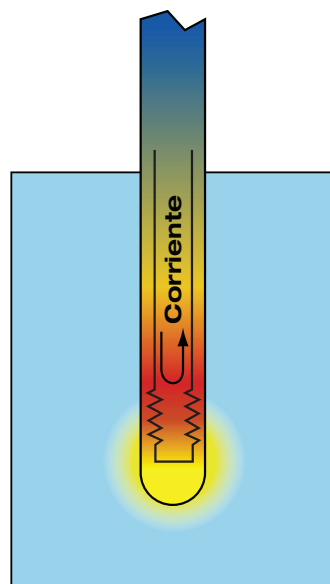


Figura 4. Se requiere que la corriente mida la resistencia. La corriente que pasa por una resistencia disipa la energía y genera calor, produciendo errores de temperatura.

indicadores más antiguos podrían usar ecuaciones CVD.

Los coeficientes utilizados con estas ecuaciones se personalizan mediante la calibración y pueden encontrarse en informes de calibración individuales junto con una tabla que describe la relación de la resistencia frente a la temperatura. Algunos PRT baratos utilizados para mediciones industriales se espera que funcionen incluso sin calibración. Desde el primer momento deben cumplir con una norma como IEC 60751 o ASTM 1137. Estas normas especifican valores para las tolerancias y los coeficientes de CVD que dependen de la temperatura. Sin embargo, la exactitud de estas sondas puede mejorarse significativamente mediante la calibración.

Termistores

Un elemento termistor está hecho de material semiconductor y tiene una resistencia eléctrica que varía de manera no lineal con la temperatura. Los termistores se utilizan ampliamente por su sensibilidad, pequeño tamaño, resistencia y bajo costo. La exactitud del termistor depende en gran medida del diseño y la construcción. Los termistores baratos se usan comúnmente en aplicaciones electrónicas, mientras que los termistores de precisión son estándares de calibración que no tienen nada que envidiar a la exactitud de los SPRT.

La relación de resistencia frente a la temperatura en los termistores se describe con unas pocas ecuaciones polinómicas diferentes. Una forma de las ecuaciones toma la resistencia como dato para calcular la temperatura $T(R)$ y otra forma de la ecuación toma la temperatura como dato para calcular la resistencia $R(T)$. La versión estándar de estas ecuaciones toma cuatro coeficientes, pero la versión de Steinart-Hart solo requiere tres.

Termómetro exactitud, repetibilidad y resolución

Dos componentes importantes de la exactitud son la repetibilidad y la resolución. Hay que tenerlos en cuenta junto con otros factores que afectan la exactitud. La repetibilidad se refiere a la consistencia en

Dispositivo de lectura	Requisitos
Lectura de termopar	Exactitud buena de -10 mV a 100 mV Suelo de ruido bajo EMF térmicos muy bajos Buena compensación de unión de referencia
Indicador de PRT	Exactitud precisa de 0 Ω a 400 Ω Inversión de corriente Medición de resistencia de cuatro cables Corriente de excitación de 1 mA
Lectura de termistor	Exactitud razonable de 150 Ω y 500 k Ω Mayor exactitud requerida debajo de 1000 Ω Corriente de excitación de 2 μ A a 10 μ A

Tabla 3. Qué buscar en los lectores de termómetros electrónicos.



valores de mediciones repetidas. La calibración regular ayuda a establecer la repetibilidad de los instrumentos. Otro método importante para verificar la repetibilidad en termómetros es medir periódicamente en un punto de hielo o punto triple de las celdas de agua y registrar los resultados.

La resolución en un termómetro digital a menudo es seleccionable por el usuario. Un termómetro digital debería elegirse con suficiente resolución para alcanzar la exactitud deseada; sin embargo, la resolución no es lo mismo que la exactitud, es apenas un factor limitante de la exactitud. En un termómetro líquido y de vidrio o de agujas, la resolución podría ser el factor más importante que afecte la exactitud además de la calibración.

Las especificaciones sobre exactitud pueden estructurarse de varias maneras. Las especificaciones se dividirán generalmente en dos rangos y podrían darse en unidades base de temperatura, resistencia o voltaje. Las especificaciones simples serán

una variable o bien un valor fijo, y las especificaciones complejas serán una combinación de ambos. Cuando se usan especificaciones de tipo de variable, el error permitido crece cuando la magnitud de la lectura aumenta. Los cálculos son necesarios para un resultado numérico. Algunos ejemplos son el porcentaje de lectura o partes por millón (PPM). Por otro lado, las especificaciones del valor fijo permanecen constantes durante un rango. Algunos ejemplos son el porcentaje de escala o constantes numéricas y de amplitud.

Puede convertir especificaciones en unidades base de resistencia o voltaje en temperatura. La conversión depende de la sensibilidad del sensor de temperatura. Por ejemplo, cambie la temperatura 1 $^{\circ}$ C y se producirá un cambio de $0,4$ Ω en la resistencia para un PRT de 100 Ω y dará lugar a un cambio de $0,1$ Ω para un SPRT de 25 Ω , pero podría causar un cambio de 1000 Ω en un termistor. Esto quiere decir que un cambio de temperatura de un grado podría tener un impacto muy grande o muy pequeño en el cambio de resistencia. En consecuencia, un medidor con una exactitud de ± 1 Ω será más exacto para aquellos sensores que tengan la sensibilidad de temperatura más alta.

Cada uno de los termómetros que aparecen en la Tabla 2 requiere una lectura digital. El mejor indicador digital será diseñado especialmente para mediciones de temperatura. La Tabla 3 enumera algunos de los requisitos para los indicadores de termómetros electrónicos buenos.

La compensación de unión de referencia es uno de los contri-buidores más significativos para la exactitud de una medición de termopar. Las tablas de termopa-res se basan en una temperatura de unión de referencia de 0 °C. Aunque es posible usar uniones de referencia externas para alcan-zar esto con un baño de hielo, el cable del termopar por lo general se conecta directamente a los bornes de conexión del indica-dor del termopar a temperatura ambiente. Una compensación de unión de referencia automática se necesita para compensar la des-viación de 0 °C. Un termistor de punta redondeada se usa general-mente para medir la temperatura de la unión. El indicador mide la resistencia del termistor y calcula una corrección para la tempera-tura del termopar.

El NIST y la calibración

El NIST es un Instituto de metro-logía nacional (NMI) responsable de las normas nacionales de los Estados Unidos. La metrología es la ciencia de la medición e incluye investigación básica, actividades que aseguran el funcionamiento adecuado de instrumentos de mediciones utilizados en la industria y también mediciones que aseguran la transparencia económica, la salud pública y la seguridad. La trazabilidad del NIST u otros NMI se establece a través de la calibración. Las tres principales razones para tener un instrumento calibrado son:

1. Asegurar que las lecturas de un instrumento sean consistentes con otras mediciones
2. Determinar la exactitud de las lecturas de instrumento
3. Establecer la fiabilidad del instrumento

Para asegurar que las medicio-nes de temperatura concuerden en todo el mundo, cada país ha adoptado la ITS-90, una escala de temperatura definida por la BIPM (Oficina Internacional de Pesas y Medidas). La exactitud del instru-mento se determina estableciendo una comparación con las normas de medición de mayor exactitud. Estas mediciones son parte de una cadena de comparaciones que se

extienden desde las mediciones de usuario final en el campo hasta los laboratorios de calibración secundarios y luego hasta las normas nacionales (es decir, NIST) e internacionales.

Además de la trazabilidad, a veces los clientes de calibración tienen otro requisito más para la acreditación. La acreditación ase-gura que se trata de un programa de calidad apropiado y de que la capacitación y los procedimientos cumplen con los requisitos técni-cos para el servicio de calibración brindado. Un logotipo que aparece en los certificados de calibración acreditada los distingue de otros certificados de calibración. Existen muchos programas de acreditación disponibles. El NIST patrocina el National Voluntary Laboratory Accreditation Program (NVLAP)

Mantenga sus estándares

El mantenimiento de un equipo calibrado es una parte importante del control de calidad. No existe garantía de que un termómetro calibrado permanecerá calibrado con el tiempo. Los cambios que se producen en la relación de tempe-ratura de los termómetros usados con el tiempo necesitan corregirse por calibración en intervalos regu-lares. Cuando los termómetros se encuentran reiteradamente fuera de la tolerancia, es necesario tomar medidas correctivas, como acortar el intervalo de calibración o reem-plazar el termómetro. Es una buena idea llevar registros y controlar los termómetros certificados entre las calibraciones usando un método apropiado como un baño de hielo o un punto triple de las celdas de agua. Esto limitará o evitará costosas consecuencias en caso de que un termómetro certificado se encuentre significativamente fuera de la tolerancia.

Qué buscar en un proveedor de soluciones de equipos de calibración de temperatura

Al elegir proveedores de soluciones de equipos de calibración existen muchos factores que hay que tener en cuenta. Estos son algunos de ellos.



Una solución completa: ase-gúrese de que la compañía que elija tenga una variedad completa de productos, de modo tal que sus opciones puedan basarse en sus necesidades y no solo en lo que esté disponible. Si considera utilizar software de automatiza-ción en el futuro para mejorar la productividad, debería planear concentrarse en un proveedor porque el software del fabricante probablemente funcionará solo con su propio equipo.

Experiencia: probablemente no tenga tiempo de ser un experto en la calibración de temperatura junto con todas sus otras actividades. Es importante recibir ayuda de los expertos. Por lo tanto, busque una compañía que se especialice en la calibración de temperatura, para no tener que ocuparse de eso usted mismo.

Soporte técnico: la experiencia es excelente, pero asegúrese de tener acceso a los expertos. Está en buenas manos si responden los llamados, lo tratan de manera respetuosa y tienen respuestas para todas sus preguntas. Tam-bién es importante asegurarse de que puedan resolver cualquier problema de equipo con rapidez. Consulte sobre el plazo de entrega de servicio. Si debe enviar su equipo a otro continente para que sea reparado, eso podría implicar importantes demoras.

Acreditación: Incluso si no tiene un requisito específico para la acreditación, tiene sentido trabajar con una compañía que cuente con

un laboratorio acreditado. Este es el motivo. Un laboratorio acreditado ha sido inspeccionado con mucho cuidado para asegurar que cuenta con la capacidad organizativa de hacer lo que dice que hace. En el caso de la acreditación de NVLAP, el laboratorio pasó una evaluación técnica realizada por expertos del NIST.

Una garantía: la calibración tiene mucho que ver con la confianza. En primer lugar, asegúrese de que se proporcionen las especificaciones de exactitud. Luego, asegúrese de que esas especificaciones estén garantizadas. Lo último que necesita es terminar con un equipo que solo ocupe lugar y no cumpla con el rendimiento esperado.

Fluke Calibration

Fluke Calibration proporciona la más amplia variedad disponible de calibradores, normas, software, servicio, capacitación y soluciones de soporte técnico. Nuestros clientes trabajan en laboratorios de calibración eléctrica, de flujo, de presión y de temperatura en todo el mundo, así como también en servicio, investigación y desarrollo, y pruebas de fabricación.

La división de calibración de temperatura de Fluke Calibration realiza todo lo necesario para la calibración de sensores de temperatura, desde baños de temperatura constantes y calibradores de horno seco con estabilidad inigualable hasta estándares de temperatura primarios utilizados en institutos de metrología nacionales en todo el mundo. Para los termómetros de precisión, las sondas y los indicadores de termómetro de Fluke Calibration tienen una exactitud excepcional y son fáciles de usar, y nuestro registrador de datos de temperatura y humedad elimina la necesidad de usar registradores de gráficos de papel. Además, Fluke Calibration también ofrece cursos de capacitación sobre calibración de temperatura impartidos por instructores experimentados y un servicio especializado por parte de su laboratorio acreditado por el NVLAP (código de laboratorio 200348-0).

Fluke Calibration.

Precisión, rendimiento, confianza.™

Electricidad
RF
Temperatura
Presión
Caudal
Software

Fluke Calibration

PO Box 9090, Everett, WA 98206 EE. UU.

Fluke Europe B.V.

PO Box 1186, 5602 BD
Eindhoven, Países Bajos

Para más información, llame a:

En los EE. UU. (877) 355-3225 o
Fax (425) 446-5116

En Europa, Medio Oriente y África:

+31 (0) 40 2675 200 o

Fax +31 (0) 40 2675 222

En Canadá (800)-36-FLUKE o

Fax (905) 890-6866

Desde otros países +1 (425) 446-5500 o

Fax +1 (425) 446-5116

Página web: <http://www.fluke.com>

©2011 Fluke Corporation.

Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.

Impreso en los EE. UU. 3/2011 3996588A A-LAES-N 11798-spa

No se permite la modificación de este documento sin permiso por escrito de Fluke Corporation.