

Construcción y aplicación de termoresistencias

Resistencia dependiente de la temperatura

Para mediciones eléctricas de temperatura se utiliza muy a menudo la dependencia de la resistencia eléctrica de la temperatura en los metales. Al aumentar la resistencia eléctrica con el aumento de la temperatura, se habla de un coeficiente positivo o **PTC (Positiv Temperature Coefficient)** p.e. en sensores de temperatura de platino.

Para poder utilizar este efecto en mediciones de temperatura, el metal debe variar de manera reproducible su resistencia eléctrica en dependencia de la temperatura. Las características del metal no deben variar durante la fase de funcionamiento, ya que en ese caso se producirían errores de medición. El coeficiente de temperatura debe ser en lo posible independiente de la temperatura, presión e influencias químicas.

Sensores de temperatura de platino normalizados

En la tecnología de la medición se ha impuesto el platino como material de resistencia. Como ventajas cuenta con una alta estabilidad química, fácil manipulación (sobre todo en la fabricación de alambre) y la purísima representación y la buena reproducibilidad de las características eléctricas. Para garantizar un intercambio universal se definen estas cualidades en la DIN 60 751.

En esta norma se fijan la resistencia eléctrica y la desviación permitida en dependencia de la temperatura.

Otras definiciones adicionales son el valor nominal del sensor de temperatura y el campo de temperatura. En el cálculo se diferencia entre el campo de temperatura de -200...0°C y el de 0...850°C.

Para el campo de -200...0°C es válido un polinomio de 3. grado:

$$R(t) = R_0(1 + A \times t + B \times t^2 + C \times (t - 100^\circ\text{C}) \times t^3)$$

Para el campo de 0...850°C es válido un polinomio de 2. grado...

$$R(t) = R_0(1 + A \times t + B \times t^2)$$

...con los coeficientes:

$$A = 39083 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$B = -5,775 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$$

$$C = -4,183 \times 10^{-12} \text{ } ^\circ\text{C}^{-4}$$

A la magnitud R_0 se la denomina como **Valor Nominal** e indica el valor de resistencia con 0°C.

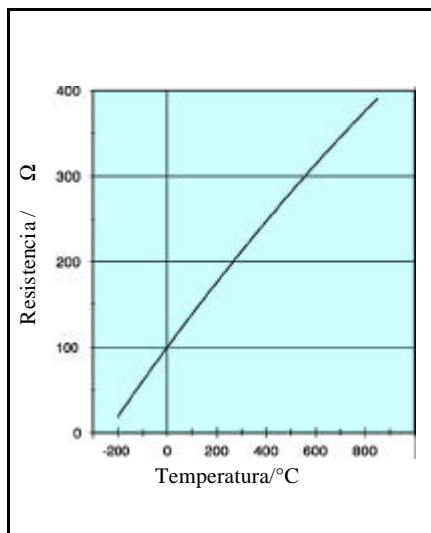


Gráfico 1: curva característica Pt 100

Según DIN EN 60 751 el valor nominal es de 100,000Ω con 0°C. Por ello se habla de un sensor de temperatura Pt 100.

Adicionalmente se ofrecen también sensores de temperatura con valores nominales de 500 y 1000Ω. Tienen la ventaja de una mayor sensibilidad, es decir, una variación mayor de su valor de resistencia en dependencia de la temperatura.

Las variaciones de resistencia en el campo de temperatura hasta 100°C ascienden a aprox.: 4Ω/K con sensores de temperatura Pt 100, 2,0Ω/K con sensores de temperatura Pt 500, 4,0Ω/K con sensores de temperatura Pt 1000. Otro parámetro queda definido en la norma DIN con el coeficiente medio de temperatura entre 0°C y 100°C. Indica la variación media de resistencia referida al valor nominal con 0°C:

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 \times 100^\circ\text{C}} = 38,50 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

R_0 o R_{100} son los valores de resistencia con temperaturas de 0°C o 100°C.

Cálculo de la temperatura desde la resistencia

En su aplicación como termómetro se deduce de la resistencia del sensor de temperatura la temperatura correspondiente. Las formulas mencionadas reproducen la dependencia de la resistencia eléctrica de la temperatura.

Para temperaturas superiores a 0°C y para determinar la temperatura se puede derivar de la curva característica según DIN EN 60 751 una forma de representación:

$$t = \frac{-R_0 \times A + [(R_0 \times A)^2 - 4 \times R_0 \times B \times (R_0 - R)]^{1/2}}{2 \times R_0 \times B}$$

R = resistencia medida en Ω
 t = temperatura calculada en °C
 R_0, A, B = parámetros según DIN EN 60 751

Desviaciones límite

La norma DIN distingue entre dos clases de tolerancia en las desviaciones límite:

Clase A: $\Delta t = \pm (0,15 + 0,002 \times |t|)$
Clase B: $\Delta t = \pm (0,30 + 0,005 \times |t|)$

t = temperatura en °C (sin signo)

Para el cálculo de la desviación límite ΔR en Ω con una temperatura de $t > 0^\circ\text{C}$ es válido:

$$\Delta R = R_0(A + 2 \times B \times t) \times \Delta t$$

Con $t < 0^\circ\text{C}$ es válido:

$$\Delta R = R_0(A + 2 \times B \times t - 300^\circ\text{C} \times C \times t^2 + 4 \times C \times t^3) \times \Delta t$$

La clase de tolerancia A tiene validez para temperaturas de -200...+600°C.

Para la clase de tolerancia B tiene validez todo el campo de definición de -200...+850°C.

Clases de tolerancia ampliadas

Una y otra vez se demuestra, que para ciertas aplicaciones no son suficientes las dos clases de tolerancia relacionadas en la norma. Basándose en las tolerancias normalizadas, JUMO ha definido una desviación adicional de las clases de tolerancia para poder responder a las diferentes exigencias del mercado.

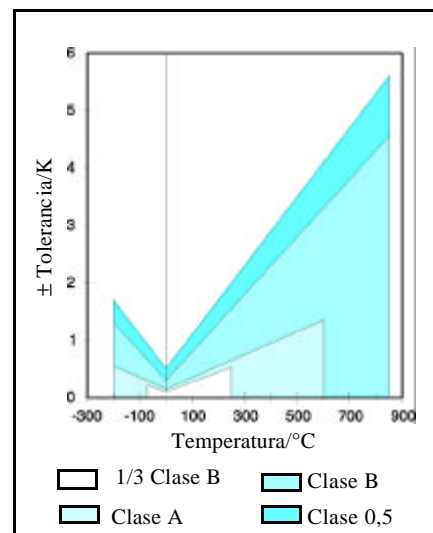


Gráfico 2: desarrollo de la tolerancia en dependencia de la temperatura de medición



Clase de tolerancia	Campo de temperatura	Tolerancia en K	Tolerancia con	
			t = 0°C	t = 100°C
1/3 Clase B	- 70...+250°C	± (0,10K + 0,0017 x Itl)	± 0,10K	± 0,27K
Clase A	-200...+600°C	± (0,15K + 0,0020 x Itl)	± 0,15K	± 0,35K
Clase B	-200...+850°C	± (0,30K + 0,0050 x Itl)	± 0,30K	± 0,80K
Clase 0,5	-200...+850°C	± (0,50K + 0,0060 x Itl)	± 0,50K	± 1,10K

Tabla 1: clases de tolerancia

Itl = Temperatura de medición en °C sin signo

Construcción de termoresistencias

Junto a una cantidad inabarcable de ejecuciones especiales, existen tambien aquellas, cuyos componentes estan perfectamente definidos por normas.

Termoresistencias con cabeza de conexión

Este tipo de **termoresistencia** está construida de forma modular. Se compone del inserto de medición, del tubo de protección, de la cabeza de conexión con el zócalo de conexión en su interior, asi como de posibles bridas y sujeciones de tornillo.

Solo aquella parte de la termoresistencia se denomina sensor de temperatura sobre la que incide de forma directa la magnitud de medición.

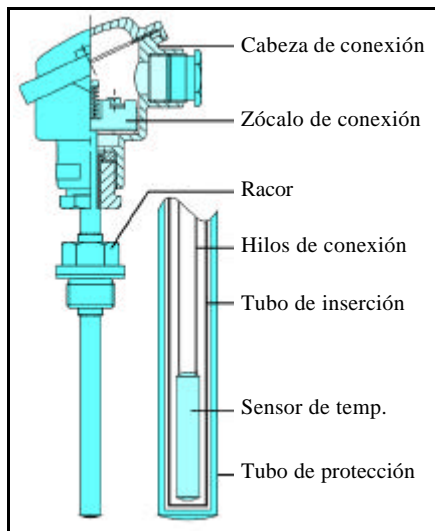


Gráfico 3: construcción de una sonda con termoresistencia

Los **insertos de medición** son unidades prefabricadas que se constan del sensor de temperatura y del zócalo de conexión, estando el sensor de temperatura instalado en un tubo de inserción de 6 ó 8mm de diámetro de SnBz6 según DIN 17 681 (hasta 300°C) o níquel. Este se introduce en el verdadero **tubo de protección**, que a menudo está fabricado en acero inoxidable.

La placa base del tubo de inserción choca enrasado con la base del tubo de protección para garantizar una buena transferencia del calor.

Los tornillos de sujeción del inserto de medición están montados sobre muelles, de tal forma que queda garantizado el contacto enrasado incluso en el caso de una dilatación térmica longitudinal diferente entre el tubo de inserción y el tubo de protección. De esta forma, el inserto de medición es facilmente sustituible.

Los termómetros se fabrican en versión simple o doble. Sus medidas están fijadas en la norma DIN 43 762. También se fabrican insertos de medición con convertidor de medición de dos hilos integrado.

Cuando no se utiliza un inserto de medición, el sensor de temperatura se encuentra directamente en el tubo de protección. El tubo de protección se rellena con óxido de aluminio o de otro medio transmisor de calor, quedando el sensor completamente envuelto por el relleno, lo que asegura una rápida transmisión de la temperatura. Después de su instalación se monta el zócalo de conexión en la cabeza de conexión y los conductos se sueldan.

No es posible un recambio posterior del sensor, en ese caso se debe recambiar la termoresistencia completa.

Si se utiliza un **termopozo**, se puede sacar el termómetro sin que la instalación deba ser despresurizada o vaciada.

Se trata de una especie de tubo de protección que está montado de fijo en el punto de medición en el cual se introduce y se sujeta el termómetro. Otras versiones poseen una rosca interior de tal manera que se puede enroscar el termómetro. El termómetro solo puede constar de un inserto de medición, pero también puede tener un tubo de protección propio. No obstante en ese caso empeora el comportamiento de respuesta de forma clara. El termopozo se suelda en el punto de medición (lo que no es posible con tubos de protección por su escaso grosor de pared) o posee una rosca externa, por lo general una rosca de tubo.

Las exigencias al termopozo en cuanto a la estabilidad química y mecánica son las mismas que a las del tubo de protección, ya que está en contacto directo con el medio de medición.

Para las cabezas de conexión estan definidos los tipos de construcción A y B en la norma DIN 43

729, que se diferencian en el tamaño y ligeramente tambien en la forma

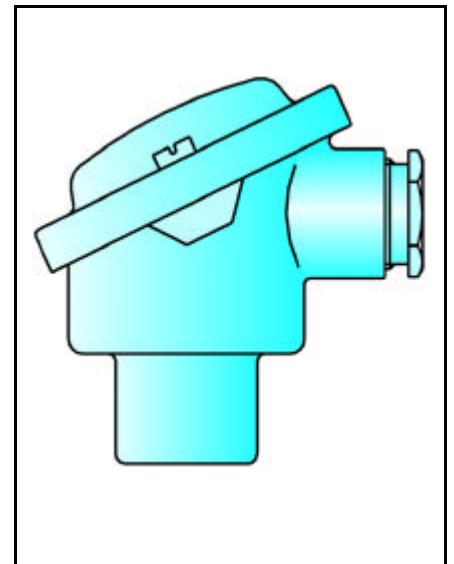


Gráfico 4: cabeza de conexión según DIN 43 729, forma B

Como materiales se utilizan el aluminio, el plástico y el hierro fundido.

Existen otros tipos de construcción que están ajustados a exigencias especiales. El tipo de protección no esta normalizado, habitualmente son versiones de protección IP 54.

Las medidas nominales del diámetro del taladro para la recepción del tubo de protección para las cabezas de conexión son de:

En la forma A: 22, 24 ó 32mm.

En la forma B: 15mm ó rosca M 24x1,5.

Tiene mayor difusión la cabeza de conexión mas pequeña de la forma B, para la cual también están diseñados los convertidores de medición de dos hilos.

JUMO CONTROL S.A

Domicilio social:
Valle de Tobalina 18 Nave 1
28021 MADRID
Tel: 91 723 34 50
Fax: 91 795 46 04

Delegación Barcelona
Ámerica, 39
08041 BARCELONA
Tel: 93 410 94 92
Fax: 93 419 64 31

Delegación Bilbao
Correos, 8 Dpto. 403
48920 PORTUGALETE
Tel: 94 472 42 47
Fax: 94 472 42 48

E-Mail: info@jumo.es
Internet: www.jumo.es

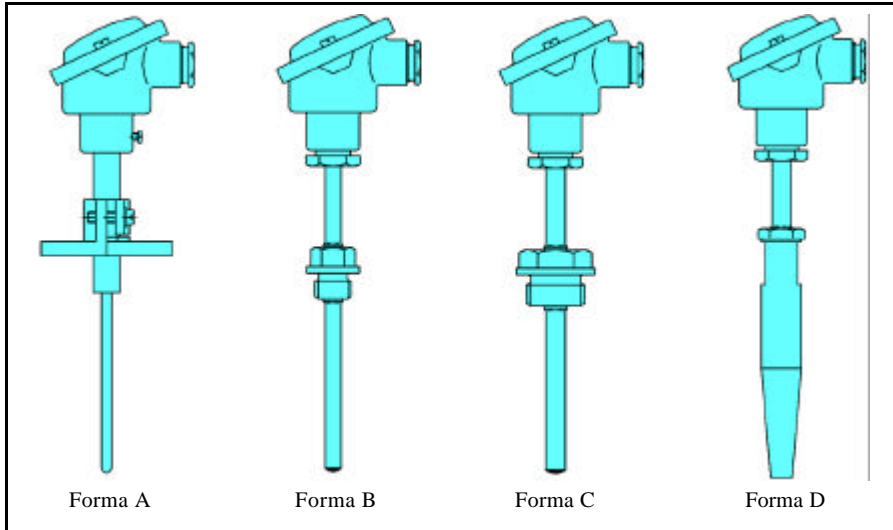


Gráfico 5: termómetro según DIN 43770

Para las termoresistencias y los termoelementos están fijados los tipos de construcción de los tubos de protección en las normas 43764 hasta 43769 para diferentes aplicaciones. Todas están equipadas con un inserto de medición y cabeza de conexión forma B. También están fijados el diámetro y la longitud del tubo de protección. La forma de los tubos de protección de estos termómetros (con brida, cónico, etc.) se determinan con las letras A a G que a su vez están descritas en la norma DIN 43 763:

Forma A: tubo esmaltado para la sujeción con brida desplazable para mediciones de gases de combustión

Forma B: tubo con rosca soldada G 1/2 A

Forma C: tubo con rosca soldada G 1A

Forma D: tubo resistente a la presión de paredes gruesas para soldar

Forma E: tubo de final estrechado para respuesta rápida para sujeción mediante brida desplazable

Forma F: tubo como en forma E, pero con brida soldada

Forma G: tubo como en forma E, pero con rosca soldada G 1A

La mencionada norma 43763 también fija los materiales y su descripción en abreviaturas especiales. La característica „tubo de protección DIN 43 763-B1-H“ por ejemplo, distingue un tubo de forma B con rosca soldada G 1/2 A con una longitud de 305mm (número indicativo 1) de acero St 35.8 (letra indicativa H). Adicionalmente, la norma indica la presurización permitida por agua, aire o vapor así como la velocidad máxima de flujo. Así ya se pueden tener muy bien en cuenta los tubos descritos en la fase constructiva de la planta.

Por lo demás están disponibles muchas formas especiales, algunas con cabezas de conexión normalizadas y otras en formas constructivas especiales no normalizadas con uniones de enchufe o cables de conexión fijos.

Termoresistencias según DIN 3440

Termoresistencias que se conectan a reguladores de temperatura o a instalaciones limitadoras de temperatura en generadores de calor deben cumplir los requisitos de la norma DIN 3440. (Se trata de termoresistencias, como descritas en el apartado anterior, que además están homologadas por un estamento oficial, como, p.e., el TÜV.)

Las termoresistencias deben resistir como mínimo durante una hora a temperaturas de un 15% por encima del límite superior y mantener tiempos de respuesta determinados en dependencia del medio (p.e. en aire $t_{0,63} = 120$ s). Además, los termómetros deben estar contruidos de tal forma, que resistan a las cargas mecánicas por la presión externa ya la velocidad de caudal del medio bajo temperatura.

(No están permitidos cambios en los termómetros sin una nueva homologación!)

Termoresistencias protegidas contra explosión

En aquellos sitios donde se almacena, manipula o fabrica material inflamable se puede formar una atmósfera explosiva en unión con el aire peligrosa para el entorno. En las normas europeas EN 50 014...EN 50 020 están resumidos los requisitos y disposiciones necesarias que un medio eléctrico debe cumplir para poder ser utilizado en un ámbito explosivo. Un aparato homologado según estas normas puede utilizarse en todo el ámbito europeo.

Encapsulado resistente a la presión EEx „d“

Los transductores de medida encapsulados resistente a la presión están diseñados para que todos los elementos capaces de ignición en una atmósfera explosiva se encuentren seguros encapsulados en una carcasa de protección o en la cabeza de conexión. De esta manera no se puede propagar al exterior una deflagración en el interior. Esto se logra mediante estrechas tolerancias, conducciones especiales de cables y una construcción especialmente solida de la cabeza de conexión. Ventajas de esta versión:

- no necesita una alimentación de tensión intrínsecamente segura
- conexión posible en dos, tres y cuatro hilos
- también suministrable con convertidor de temperatura de dos hilos



Gráfico 6: termoresistencia encapsulada resistente a la presión EEx „d“

Seguridad intrínseca EEx „i“

Al contrario que en el tipo de protección contra ignición „d“, que se refiere a aparatos en general, en el tipo de protección de ignición „i“ se contempla el circuito eléctrico completo.

El convertidor de medida de dos hilos intrínsecamente seguro con una señal de salida de 4...20mA se encuentra directamente en la cabeza de conexión de la sonda en este tipo de construcción y se integra en un circuito eléctrico de seguridad intrínseca.

De este tipo de montaje se desprenden las siguientes ventajas decisivas:

- señal de salida segura contra interferencias ya desde el termómetro
- costes bajos de instalación
- sin necesidad de compensación de circuitos
- transmisión de la señal de medición a larga distancia
- montaje y reparación durante el funcionamiento



Gráfico 7: termoresistencia con seguridad intrínseca EEx „i“

Termoresistencia con convertidor de temperatura a dos hilos

Se utilizan termoresistencias con convertidor de medición para mediciones de temperatura en medio líquidos o gaseosos, cuando las señales de medición han de ser transmitidas a distancias largas sin interferencias. El convertidor de medición transforma la señal del sensor en una señal eléctrica normalizada y linealizada de temperatura de 4...20mA um.

La alimentación de tensión del convertidor de medición se realiza igualmente a través de los cables de conexión, para ello se utiliza una corriente de reposo de 4 mA. Se habla también de „life zero“ por el punto cero elevado. El convertidor de dos hilos amplifica la señal y reduce la sensibilidad a interferencias de forma importante. El convertidor a dos hilos, encolado en resina de epoxi, se encuentra en este tipo de construcción directamente en la cabeza de conexión de la termoresistencia.

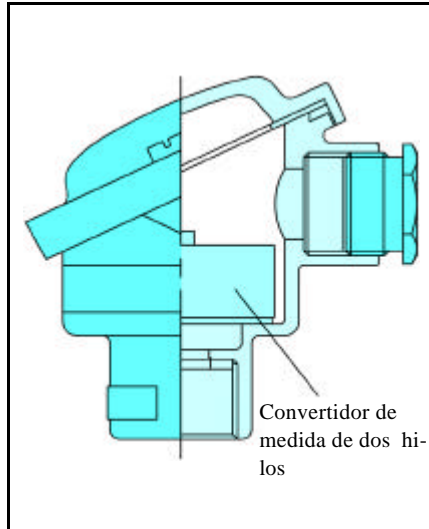


Gráfico 8: cabeza de conexión con convertidor de temperatura a dos hilos

El convertidor de medida es apropiado para temperaturas de funcionamiento hasta 90°C. Junto a la cabeza de conexión estándar forma B también son suministrables los tipos de construcción BUZ, BBK o BUZH.

Termoresistencia con cable de conexión

En termoresistencias con cable de conexión se prescinde de un inserto de medición y de la cabeza de conexión. El sensor de temperatura está unido directamente con el cable de conexión e introducido en el tubo de protección. Para descargar de la tracción el tubo de protección se enrolla o engasta al final varias veces (tipo de protección IP 65). El espacio interior entre tubo de protección y sensor de temperatura se rellena con un material transmisor de calor para mejorar el contacto térmico con el medio de medición. La temperatura de medición máxima se define en primer término por la resistencia a la temperatura del material de la camisa y del aislamiento del cable de conexión. En la tabla se muestran de forma ejemplar algunos materiales de aislamiento y su temperatura superior.

Material	t _{max} °C
PVC	80
PVC 105	105
Silicona	180
PTFE	260

Los tipos de construcción de los termómetros son muy diferentes y a menudo se ajustan a las especificaciones del cliente. Por ello nombramos aquí algunos datos marco.

- diámetro: 2...8mm
- Longitud tubo de protección: 35...150mm

- Material tubo de protección: acero inox, latón, acero recubierto
- Conexión: de 2-, 3-, 4- hilos
- Conexión mecánica: brida con racor suelto, racor fijo y racor de apriete

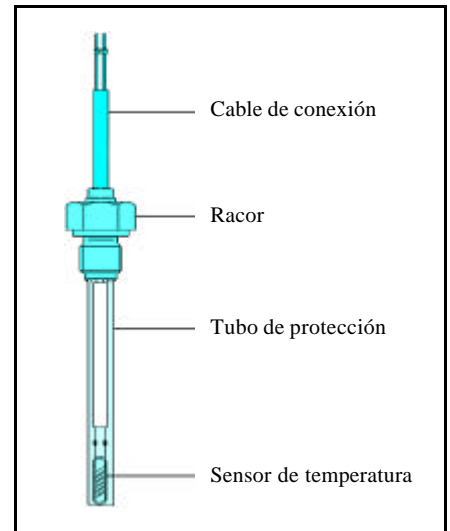


Gráfico 9: construcción de una termoresistencia con cable de conexión

Otro tipo de construcción son termoresistencias para esterilizadores.

A estas sondas de temperatura se les exige gran fiabilidad, al trabajar las instalaciones por regla 24 horas al día.

La transición del tubo de protección al cable de conexión es estanca al vapor de agua y resiste presiones absolutas de 0,1 a 4 bares con temperaturas hasta 150°C.

Las versiones básicas están equipadas con cables de conexión de PTFE resistentes a altas temperaturas y tubos de protección lisos. En estas sondas de temperatura están montados hasta tres sensores de temperatura Pt 100 según DIN EN 60 751(ver hoja técnica 90.2830).

Termoresistencia encamisada (tipo mantel)

Termoresistencias encamisadas (tipo mantel) se basan en un conducto envolvente trefilado aislado mineralmente. En esta envolvente flexible, un tubo de pared fina de acero inoxidable, se encuentran los hilos de conexión de cobre enfundados en óxido de magnesio prensado MgO2 ignífugo. El sensor de temperatura de dos, tres y cuatro hilos está unido a los hilos internos e instalado en un tubo de protección rígido de acero inoxidable. El tubo de protección y el conducto envolvente flexible están soldados el uno con el otro. Los diámetros de los tuos comienzan ya con 1,9mm.

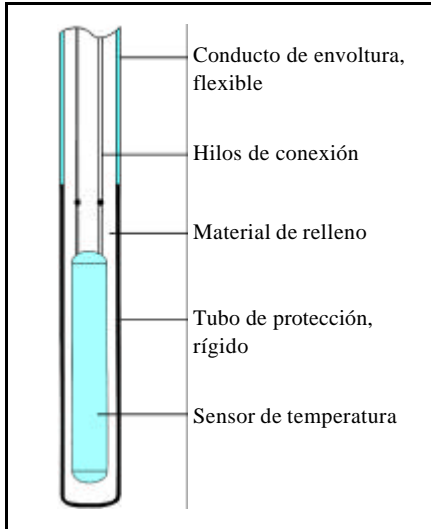


Gráfico 10: construcción de una termoresistencia de camisa

La muy buena transferencia de calor entre **tubo de protección** y sensor de temperatura posibilita tiempos de respuesta cortos ($t_{0,5}$ desde 1,2s) y una alta exactitud de medición.

La construcción resistente a las vibraciones garantiza una larga vida útil.

La capacidad del mantel a curvarse con un radio de flexión mínimo de 5 veces el diámetro exterior (1,9/3/6mm) permite mediciones de temperatura en sitios de difícil acceso. Por sus características, las termoresistencias de camisa se utilizan en instalaciones químicas, centrales térmicas, canalizaciones, en la construcción de motores, en bancos de prueba así como en aquellos lugares de medición, en los cuales se exige flexibilidad y un montaje sin problemas.

Termoresistencias para contadores calorimétricos

Las termoresistencias para contadores calorimétricos están homologadas por un estamento oficial (PTB). Los diferentes tipos de construcción se corresponden con los requisitos del borrador de norma europea EN 1434 y están recomendadas por la Agrupación de Empresas para calor a distancia (AGFW). Los **termómetros de cabeza** son suministrables para mediciones directas de temperatura e igualmente para su aplicación en vainas de inmersión apropiadas con ajuste. Las longitudes de instalación varían de 85...400mm. Una variante es la **termoresistencia con cable de conexión** en versión insertable o enroscable. Termoresistencias enroscables con rosca M 10x1 miden la temperatura directamente en el medio con las siguientes ventajas: tiempo de reacción corto y escasos errores por derivación de calor. Con la utilización de termoresistencias insertables en termopozos con tolerancia de ajuste se suprime el vaciado del sistema en caso de recambio.

El lugar ideal de montaje para termoresistencias

enroscables con cable de conexión son las válvulas esféricas para canalizaciones con diámetros de 1/2", 3/4" y 1". La construcción especial de la válvula esférica permite no tener que vaciar los sistemas de tubos en caso de montaje/recambio de la sonda de temperatura. Por los diámetros pequeños de los tubos resultan longitudes de inmersión de máximo 30 mm. Esto produce un error por derivación de calor que influye en el resultado de la medición. Mediante la optimización de la construcción interior, el error en las termoresistencias de **JUMO** es menor a 0,03K (despreciable) y se sitúa por debajo de los requisitos de la PTB (0,1K).

Termoresistencia de pincho

La construcción básica se fundamenta en una termoresistencia con cable de conexión equipada con un mango. Las características especiales de estas versiones de termoresistencias son: resistente al cambio de temperatura, estanco al vapor de agua, resistente a golpes y vibraciones. El sensor de temperatura en conexión de dos o tres hilos está situado y encolado en el tubo de protección. El tubo de protección es de acero inoxidable, tiene una longitud de 100 mm con una punta de medición céntrica o angulada. Los mangos de PTFE, plástico PPS o silicona HTV son resistentes a una multitud de medios agresivos. El cable de conexión está aislado con PTFE para una buena resistencia al calor.

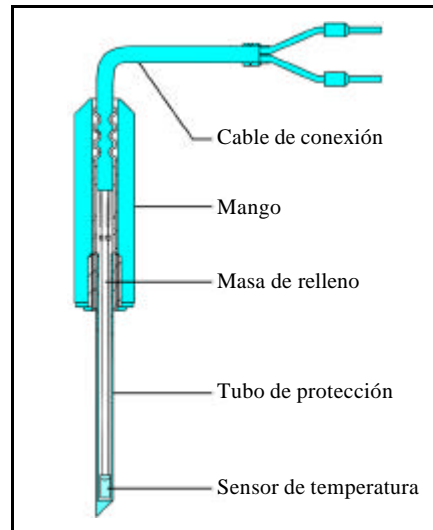


Gráfico 11: construcción de una termoresistencia de pincho

Hay que destacar la construcción interior con sellado que garantiza una alta resistencia a la temperatura /calor y estanqueidad al vapor (agua).

Termoresistencia de contacto

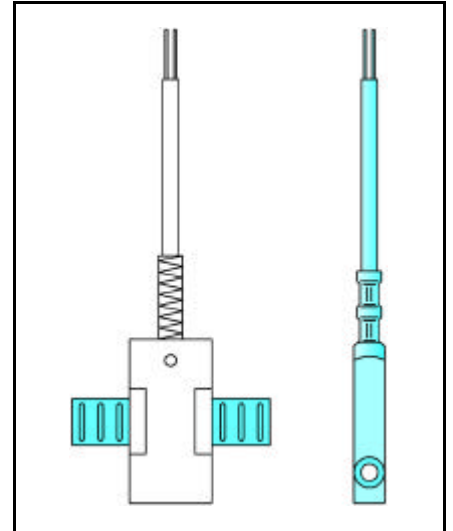


Gráfico 12: termoresistencia de contacto

Termoresistencias de contacto se utilizan preferentemente para mediciones de temperatura en sistemas de tubo cerrados o en superficies planas o curvas. Mediante el fácil montaje con cintas de sujeción o abrazaderas, se evita la manipulación mecánica en el lugar de medición. Otras versiones están equipadas con un taladro y son apropiadas para su sujeción roscada sobre cualquier superficie. La medición indirecta de la temperatura evita interferencias del medio en relación al flujo. Además, tampoco la presión e influencias químicas tienen repercusión en la vida útil de la termoresistencia. La reducida masa térmica influye poco en el objeto a medir. La utilización de pasta transmisora de calor mejora la transferencia del calor. Las grandes diferencias de temperatura entre el medio de medición y el entorno se proyectan directamente sobre la medición. En estos casos se aconseja un aislamiento térmico del termómetro.

Termoresistencias para interior y exterior

Para la medición de temperaturas en interiores y exteriores existen diferentes tipos de construcción. En la versión de **habitación interior** el sensor de temperatura está montado en una carcasa de plástico de diseño elegante con tipo de protección IP 20. En **termómetros exteriores para uso industrial** con tipo de protección IP 65 el sensor de temperatura está montado fuera de la carcasa y envuelto por una tapa protectora.

JUMO CONTROL S.A

Domicilio social:
 Valle de Tobalina 18 Nave 1
 28021 MADRID
 Tel: 91 723 34 50
 Fax: 91 795 46 04

Delegación Barcelona
 América, 39
 08041 BARCELONA
 Tel: 93 410 94 92
 Fax: 93 419 64 31

Delegación Bilbao
 Correos, 8 Dpto. 403
 48920 PORTUGALETE
 Tel: 94 472 42 47
 Fax: 94 472 42 48

E-Mail: info@jumo.es
 Internet: www.jumo.es



Otra versión está equipada con un tubo de protección de acero inoxidable en el que se encuentra el sensor de temperatura.

La conexión eléctrica se realiza mediante un racor atornillado para cables Pg 9. El campo de medición es de -30...+80°C. Algunas versiones pueden equiparse con un convertidor de medición de dos hilos y una señal de salida de 4...20mA.

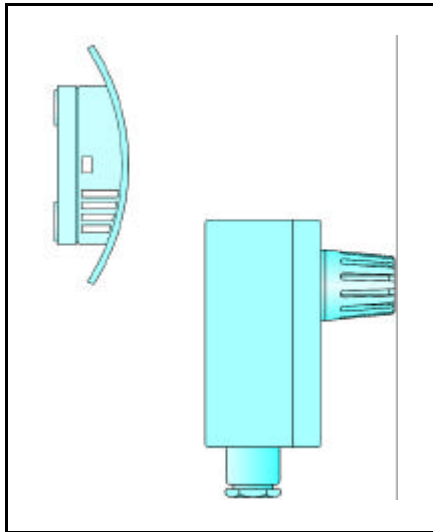


Gráfico 13: termoresistencia para interior y exterior

Termoresistencias de precisión

Para poder alcanzar la máxima estabilidad en termoresistencias se cuelga la espiral libremente en el tubo de protección.

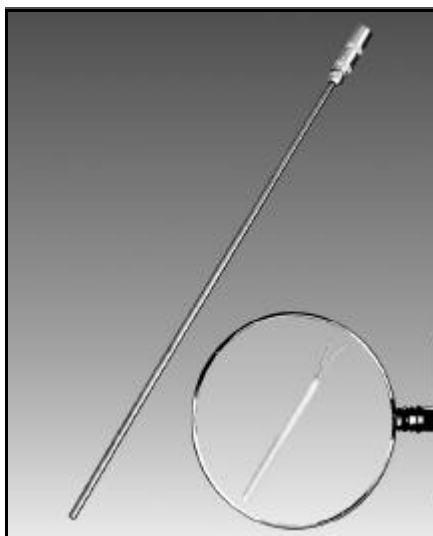


Gráfico 14: termómetro calibrable

Con ello se evita una carga mecánica bajo temperatura por diferentes coeficientes de dilatación por calor. Sin embargo sacudidas pueden romper rápidamente la espiral. Estos termómetros muestran una gran estabilidad a largo plazo

en el campo de menos de 1mK, pero la escasa estabilidad mecánica los descarta para su uso industrial. Para ello en **JUMO** se utiliza un sensor de temperatura cuya espiral de platino está fijada en una vaina de cerámica. Los hilos de conexión al enchufe están conectados a cuatro hilos. El sensor queda protegido contra influencias mecánicas mediante un tubo de acero inoxidable. El campo de temperatura puede alcanzar según la versión desde -200...+450°C. La exactitud de medición es de ±25mK.

Técnica de medición

Conexión de termoresistencias

La resistencia eléctrica de la termoresistencia varía en dependencia de la temperatura. Para captar la señal de salida se mide la caída de tensión provocada por una corriente de medición constante. Para esta caída de tensión tiene validez según la Ley de Ohm:

$$U = R \times I$$

Para que no se caliente, el sensor se debería seleccionar una corriente de medición pequeña. Se puede partir de la base, de que una corriente de medición de 1mA no produce un perjuicio mencionable. Esta corriente origina en un Pt 100 con 0°C una caída de tensión de 0,1V. Esta tensión de medición se debe transmitir sin que sea falseada mediante cables de conexión al punto de valoración o indicación. Se distinguen tres técnicas de conexión:

Conexión de dos hilos

La electrónica de evaluación y los termómetros se comunican por un cable de dos hilos. Como cualquier conductor eléctrico, también este posee una resistencia que se encuentra conectada en serie con el sensor de temperatura. Con ello se suman las dos resistencias originándose una indicación sistemática mas alta de la temperatura. En distancias largas, la resistencia del cable conductor puede ser de varios ohmios y originar con ello un falseamiento importante del valor de medición. Para evitar este error se compensa la resistencia de la línea de forma eléctrica: la electrónica del aparato está diseñada de tal forma, que, p.e., se parte de una resistencia de línea de 10Ω. Al conectar la termoresistencia se conmuta una resistencia de compensación en una de las líneas de medición y se reemplaza de momento el sensor con una resistencia de 100,00Ω. Seguidamente se varía la resistencia de compensación hasta que el aparato indique 0°C. Esta técnica de dos hilos está en clara regresión por el trabajo de compensación comparativamente costoso que supone y por no captar la influencia de la temperatura sobre la línea de medición.

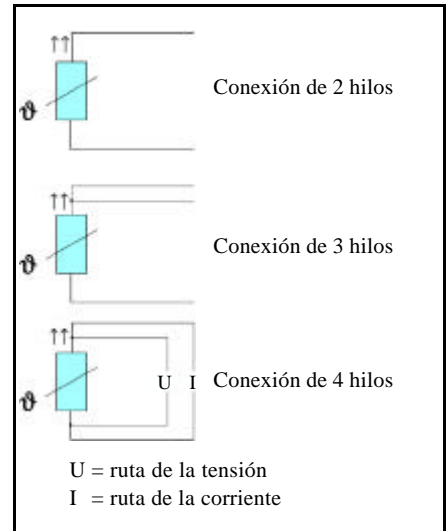


Gráfico 15: conexión de termoresistencias

Conexión de tres hilos

Las influencias de las resistencias de los cables conductores y sus oscilaciones dependientes de la temperatura se minimizan con la conexión de tres hilos: una línea adicional conduce a un contacto de la termoresistencia. Se crean así dos circuitos de medición, de los cuales uno se utiliza como referencia. Mediante la conexión de tres hilos, la resistencia de línea se deja compensar tanto en su modulo como en su dependencia de la temperatura. Condición previa es que en los tres hilos se den características idénticas y las mismas temperaturas. Como esto sucede en la mayoría de los casos con bastante exactitud, la técnica de conexión de tres hilos es hoy por hoy la más extendida. No es necesario una compensación de líneas.

Conexión de cuatro hilos

La técnica de conexión de cuatro hilos ofrece la conexión óptima para termoresistencias. El resultado de la medición no se ve perjudicado ni por las resistencias de las líneas ni por sus oscilaciones en dependencia de la temperatura. No es necesaria una compensación de línea. A través de las líneas de alimentación se le suministra al termómetro la corriente de medición I. La caída de tensión en el sensor de temperatura se toma en las líneas de medición.

JUMO CONTROL S.A

Domicilio social:
Valle de Tobalina 18 Nave 1
28021 MADRID
Tel: 91 723 34 50
Fax: 91 795 46 04

Delegación Barcelona
Ámerica, 39
08041 BARCELONA
Tel: 93 410 94 92
Fax: 93 419 64 31

Delegación Bilbao
Correos, 8 Dpto. 403
48920 PORTUGALETE
Tel: 94 472 42 47
Fax: 94 472 42 48

E-Mail: info@jumo.es
Internet: www.jumo.es



En el caso de que la resistencia de entrada de la electrónica subsiguiente sea mucho más alta que la resistencia de línea, la resistencia no se tiene en cuenta. La caída de tensión calculada de esta forma es entonces independiente de las características de los cables conductores.

Tanto en la conexión de tres hilos como en la de cuatro hilos se debe tener en cuenta, que el circuito no siempre está conducido hasta el elemento de medición. A menudo, la conexión del sensor con la cabeza de conexión en el bastidor, la llamada línea interna, está realizada como conexión de dos hilos. Por eso se producen -aunque en mucha menor medida - para estas conexiones los problemas ya mencionados de la técnica de conexión de dos hilos. La resistencia total, que se origina como suma de las resistencias de la línea interior y del sensor de temperatura, se denomina según DIN 16 160 como **resistencia de termómetro**.

Falta de resistencia del aislamiento

Una resistencia finita entre las conducciones así como en el material de aislamiento en el que se encuentra envuelto el sensor puede motivar, en caso de una mala resistencia del aislamiento, un error adicional de medición que cause una indicación de temperatura demasiado baja. Para un termómetro Pt 100 con una resistencia de 100kΩ resulta un error de indicación de 0,25K o con 25 kΩ, uno de un 1K. Por la dependencia de la temperatura que tienen las resistencias de aislamiento, el error producido por ellas puede variar según las condiciones de medición. Especialmente en materiales de aislamiento cerámicos la resistencia disminuye con el aumento de la temperatura.

Motivado por una una temperatura máxima de 600°C relativamente baja, éste efecto no tiene trascendencia en sensores de temperatura de platino. Una repercusión bastante mayor tiene la humedad que penetra en el aislamiento, lo que puede tener como consecuencia claros errores de medición. Por ello, los sensores suelen estar generalmente hermetizados mediante recubrimientos de vidrio o con otros sellos. El inserto de medición en si mismo también está hermetizado para evitar la penetración de humedad en el tubo de la sonda. Los insertos de medición pueden cambiarse sin reparo, ya que forman una unidad cerrada. Sin embargo, en reparaciones de termoresistencias sin inserto de medición, se debe tener en cuenta un sellado fiable.

Autocalentamiento

La corriente debe circular por el sensor para poder medir la señal de salida de una termoresistencia. Esta corriente de medición produce una energía a disipar y con ello calor en el sensor.

Se origina una indicación de temperatura más alta. El autocalentamiento depende de varios factores, entre otros, en qué medida se puede evacuar la energía a disipar generada por el medio de medición. La relación para la potencia eléctrica $P = R \times I^2$ hace que el efecto dependa también del valor básico del sensor de temperatura: con igual corriente de medición un sensor de temperatura Pt1000 se calienta diez veces más que un Pt100. Además, las características de construcción (tamaño del termómetro) junto con la conducción y capacidad térmica definen el error de medición. La capacidad térmica y la velocidad de flujo del medio de medición, también influyen en el efecto en gran medida.

Los fabricantes de termómetros a menudo indican un coeficiente de autocalentamiento, como medida para la elevación de temperatura por la energía a disipar generada en el sensor. Este tipo de ensayos calorimétricos se realizan bajo condiciones prefijadas (en agua con $0,5m \times s^{-1}$ o en aire con $2m \times s^{-1}$), los datos sin embargo, tienen un carácter teórico y sirven como datos comparativos de las diferentes variantes de construcción.

En la mayoría de los casos, el fabricante fija la corriente de medición en 1mA, ya que este valor ha demostrado ser prácticamente útil y no genera casi ningún autocalentamiento.

Si un Pt100 se encuentra con la corriente de medición mencionada de un miliamperio, por ejemplo, en un recipiente cerrado y totalmente aislado térmicamente con $10cm^3$ de aire, habrá calentado el aire al cabo de una hora en 39K. En un fluido de gases o líquidos, este efecto es menos evidente, por la mucho mayor cantidad de energía disipada.

Según las condiciones de medición existentes debe medirse el autocalentamiento „in situ“. Para ello se toma la temperatura con diferentes valores de corriente. El coeficiente de autocalentamiento resulta de lo siguiente:

$$E = \Delta t / (R \times I^2)$$

Con Δt = (temperatura indicada) - (temperatura del medio), R = resistencia del termómetro, I = corriente de medición

Con la ayuda del coeficiente de autocalentamiento, se puede a su vez calcular la corriente máxima de medición permitiendo un error de medición Δt .

$$I = (\Delta t / E \times R)^{1/2}$$

Tensión termoelectrónica parasitaria

También en las mediciones de temperatura con termoresistencias aparece el efecto de las tensiones termoelectrónicas como efecto secundario no deseado. Las tensiones termoelectrónicas pueden surgir en el punto de unión de dos metales diferentes.

Estas transiciones metálicas se generan en las termoresistencias en los cables conductores: los hilos de conexión de los sensores son a menudo de plata que - p.e. como línea interior - se prolongan con cobre o níquel.

Normalmente se puede suponer, que los dos puntos de contacto se encuentran a la misma temperatura y con ello las dos tensiones termoelectrónicas se contrarrestan. Realmente se pueden dar diferentes temperaturas por una diferente disipación de energía hacia fuera. La tensión termoelectrónica resultante es interpretada por la electrónica de valoración como caída de tensión y se produce un valor de medición erróneo.

Según el signo de la tensión termoelectrónica generada, es posible un valor demasiado alto o bajo.

La magnitud del error producido es fuertemente dependiente de las características de la electrónica de evaluación, en concreto de como se procesa la tensión como temperatura.

Un método simple para diagnosticar el error de medición es la realización de dos mediciones con dirección opuesta de la corriente de medición. Cuanto más grande sea la diferencia de los dos valores de medición, más grande es la tensión termoelectrónica generada.

Función transitoria

A consecuencia de las resistencias térmicas que siempre existen en la sonda, ésta nunca reacciona de inmediato sino con cierto retraso. Esto provoca una desviación de la medición por el tiempo diferido entre el valor de medición o la señal de salida y una variación repentina del valor de la magnitud medida, que se denomina **desviación de inercia**.



Simplificando, se puede imaginar un termómetro compuesto de resistencias y acumuladores de energía. Los materiales poseen distintas capacidades de conducción térmica y generan las resistencias. Las masas de material y sus correspondientes capacidades térmicas representan los acumuladores de calor. A menudo, los componentes del termómetro poseen las dos características al mismo tiempo. La rapidez de respuesta del termómetro depende en primer lugar de la relación entre la resistencia térmica y la capacidad de acumulación térmica del termómetro. Cuanto mayor sea esta resistencia térmica más lentamente se calentará. Para tiempos de respuesta cortos se deberían utilizar sensores pequeños y materiales finos y buenos transmisores de calor. Especialmente desfavorable son los espacios de aire entre el inserto de medición y el tubo de protección, ya que los gases son malos transmisores de calor. Un remedio son las pastas transmisoras u óxido metálico, en las que está envuelto el inserto de medición. Los termoelementos tienen tiempos de respuesta más cortos que las termoresistencias por su escasa masa térmica. Esto ocurre sobre todo con los termoelementos tipo mantel delgados. En la mayoría de los casos, sin embargo, la capacidad térmica del bastidor de protección encubre completamente la diferencia. En general, el tiempo de respuesta aumenta con mayor diámetro del tubo de protección. Por ello, se deberían utilizar diámetros pequeños del tubo de protección y bastidores de protección de paredes finas, siempre y cuando las condiciones mecánicas lo permitan.

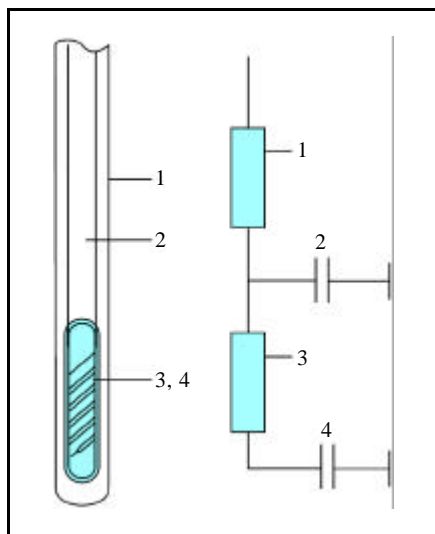


Gráfico 16: resistencias térmicas en un termómetro

También es de gran importancia la capacidad de conducción térmica del material del tubo de protección. Cobre y hierro son comparativamente buenos transmisores de calor, acero inoxidable y cerámica por el contrario no lo son.

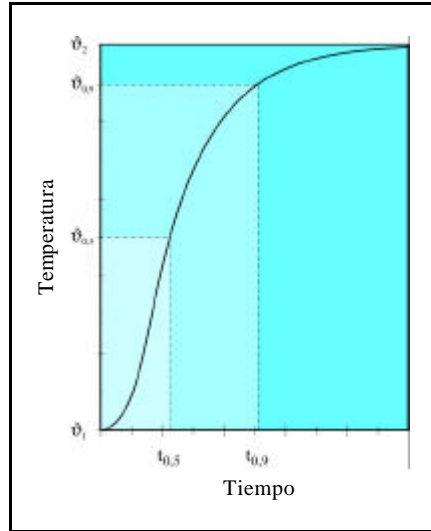


Gráfico 17: la función de transición

La **función de transición**, es decir, el trazado del valor de medición en el caso de una variación repentina de la temperatura en la sonda, nos da la información al respecto. Para determinar la función de transición, el termómetro es afluído por agua o aire caliente, para lo cual están prescritos bancos de ensayo experimentales especiales, p.e., en la norma DIN EN 60 751. Dos periodos (intervalos de ajuste) caracterizan la función de transición:

- **periodo de vida media $t_{0,5}$**
indica en que intervalo de tiempo el valor de medición alcanza el 50% del valor final y
- **periodo nueve decimas $t_{0,9}$**
indica en que intervalo de tiempo el valor de medición alcanza el 90% del valor final.

Un tiempo τ , necesario para alcanzar el 63,2% del valor final, no se indica, para evitar la confusión con la constante de tiempo de una función exponencial e. La función de transición de calor de prácticamente todos los termómetros se desvía claramente de una función de ese tipo.

Errores en termoresistencias

Influencia del cable de medición

En mediciones con termoresistencias se pueden falsear los resultados de medición por motivos de construcción o técnicos. Seguidamente se explican los efectos más importantes que pueden llevar a errores de medición:

Como ya se ha descrito anteriormente, la resistencia de los cables conductores se mezcla en la medición como una resistencia conectada en serie al sensor. Precisamente en instalaciones mayores con cables conductores más largos, la resistencia de línea puede ser de la misma magnitud que la resistencia de medición. Por ello es absolutamente necesaria la compensación de la resistencia de línea, que por lo general, consi-

ste en trasladar el punto cero de los aparatos conectados. Una compensación de este tipo no considera la variación de la resistencia de línea dependiente de la temperatura. Si la línea de conexión sufre variaciones en la temperatura, se producen errores de medición más o menos claros. Este efecto surge con resistencias de línea altas, es decir, en longitudes largas de línea con diámetros pequeños.

Error por derivación de calor

Un termómetro rara vez se utiliza en campos de temperatura ambiente. Cuando la temperatura de medición está por encima o por debajo de la temperatura ambiente, se produce un gradiente de temperatura en el termómetro entre el punto de medición y el entorno. El resultado es un falseamiento de la indicación de temperatura: el calor fluye por el tubo de protección o por la estructura interior del termómetro del punto más caliente al más frío. Además, el sensor está unido con el cable de conexión, con lo cual se constituye una unión metálica entre sensor y el entorno que, como puente transmisor de calor, tiene como consecuencia un falseamiento. Los buenos conductores eléctricos siempre tienen también una escasa resistencia térmica; por lo tanto, a la exigencia de una reducida resistencia de los cables de conexión se le opone el hecho, de que producen un gran error por derivación de calor. Adicionalmente, también la construcción del termómetro determina el error por derivación de calor. El sensor debe tener una buena unión térmica con el tubo de protección al tiempo que un desacoplamiento térmico de los cables de conexión. La longitud de inmersión del termómetro no debe ser demasiado corta, ya que se puede derivar demasiado calor. La **longitud de inmersión** (la longitud de la pieza del termómetro, que está expuesta a la medición) depende también del tipo del medio de medición y de la cantidad térmica transferida por unidad de tiempo. Un líquido de flujo rápido, p.e., transfiere más calor y puede por ello compensar mejor la transferencia de calor del termómetro que el aire en sosiego.

En general, en mediciones de líquidos es suficiente el 50% de la **longitud de inmersión** en comparación con mediciones en gas.

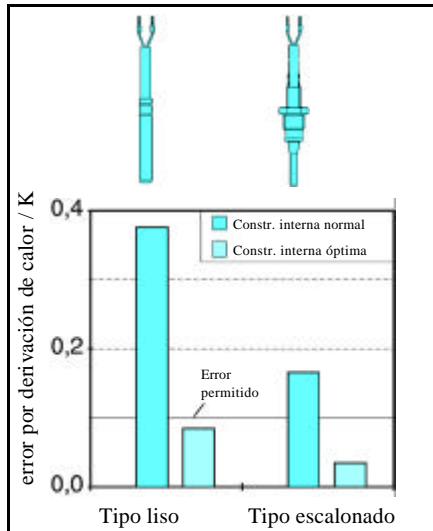


Gráfico 18: optimización del error por derivación del calor mediante geometría del tubo de protección y construcción interior

En un ejemplo se muestran las influencias de la construcción sobre el error por derivación de calor: en el campo de las mediciones de calor los termómetros no deben tener un error de derivación mayor de 0,1K bajo las siguientes condiciones :

- Temperatura de medición: 80°C,
 - Temperatura ambiente: 20°C,
 - Medio de medición: agua
- con una velocidad de flujo de 0,1 a 0,2 ms⁻¹

Precisamente con sondas de temperatura cortas con longitudes de inmersión menores de 50mm surgen problemas para mantener la exactitud mencionada arriba, que deben ser solucionados desde la construcción. El cable de conexión llega hasta el sensor y es de cobre. La adaptación del sensor al tubo de protección se logra con pasta transmisora de calor.

Sin medidas especiales para el desacoplamiento térmico se produce un error de derivación de aprox. 0,3K.

La reducción del diámetro del tubo de protección en la zona del sensor provoca una mejora del 50%. Con 0,15K, esta variante de sonda no alcanza todavía los criterios de verificación. Solo un desacoplamiento térmico del cable de conexión y del sensor reduce el error por derivación a 0,03K, lo que se corresponde con una mejora por el factor 10 en comparación a la versión inicial.

Medidas para minimizar el error por derivación de calor

No siempre es posible construir una sonda óptima para cada problema de medición, con la que el resultado de medición no se vea perjudicado por el error por derivación de calor. En el artículo técnico presentado en la penúltima página „Medición eléctrica de la temperatura“ están recogidos los criterios mas importantes de selección de una sonda en relación con el error por derivación de calor.

Calibración

En el transcurso de la vida útil de un termómetro se pueden dar variaciones en la curva característica en comparación con la original por influencias químicas y mecánicas así como por síntomas de envejecimiento como recristalizaciones y difusiones. Para poder considerar y compensar una desviación se debe calibrar el termómetro en intervalos periódicos.



Gráfico 19: certificado de calibración

Calibrar significa comprobar los valores de temperatura indicados y, en caso dado, registrar las desviaciones sobre las temperaturas reales. En este contexto el concepto de **ajuste** nombrado muy a menudo, significa sin embargo una manipulación del aparato para mantener las desviaciones reducidas o, por lo menos, menores que lo que indican los límites de error.

Una calibración significa lo mismo que una exactitud comprobada y medida individualmente para cada termómetro.

El fabricante no puede garantizar la estabilidad a largo plazo de estos valores, al no poder prever los ámbitos o la frecuencia de uso y sus cargas asociadas sobre el termómetro. Al principio, el termómetro debería ser calibrado anualmente y los resultados de las mediciones comparados

con los datos del último calibrado.

Al cabo del tiempo se logra tener así un historial del termómetro del cual se desprende su estabilidad.

En caso de ser reproducibles los datos de medición para un uso concreto, se puede deducir el intervalo de repetición más breve o más largo de una calibración.

La cuestión sobre el proceso y la exactitud de una calibración no se puede responder de una forma general. Siempre existe una sintonización entre el usuario y el calibrador en la cual se fijan los campos de temperatura y los puntos de medición. La exactitud de la medición queda definida por la forma de realizar la misma.

El Servicio Alemán de Calibrado (DKD)

Con la desaparición de las fronteras comerciales intraeuropeas en 1992, con las normas de calidad como la ISO 9001 y con una severa ley de responsabilidad sobre el producto, se originan exigencias adicionales en la documentación de procesos y comprobación de los medios de medición. A esto hay que añadir la elevadas exigencias de los clientes de un alto nivel de calidad de sus productos. Una exigencia especialmente alta se deriva de la norma ISO 9001, que describe un concepto global del sistema de aseguramiento de la calidad.

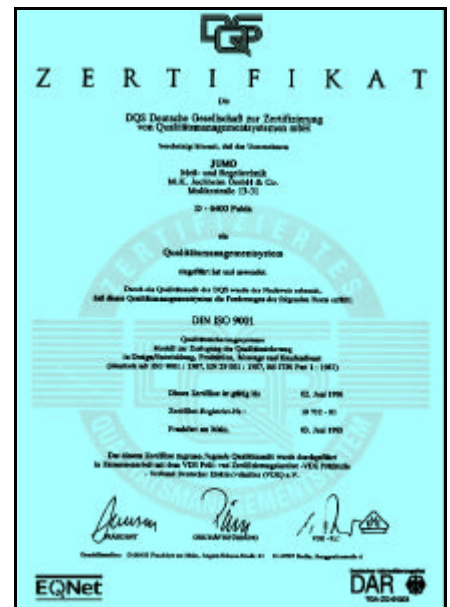


Gráfico 20: certificado según ISO 9001

JUMO CONTROL S.A

Domicilio social:
 Valle de Tobalina 18 Nave 1
 28021 MADRID
 Tel: 91 723 34 50
 Fax: 91 795 46 04

Delegación Barcelona
 América, 39
 08041 BARCELONA
 Tel: 93 410 94 92
 Fax: 93 419 64 31

Delegación Bilbao
 Correos, 8 Dpto. 403
 48920 PORTUGALETE
 Tel: 94 472 42 47
 Fax: 94 472 42 48

E-Mail: info@jumo.es
 Internet: www.jumo.es



Si una empresa desea ser certificada según esta norma, debe existir una trazabilidad de los medios de comprobación relevantes para la producción hacia las normas/estándares nacionales reconocidos.

Bajo **trazabilidad** hacia las normas nacionales se entiende que, al controlar un medio de comprobación, las mismas mediciones puedan ser atribuidas a normas legales de forma documentada. En Alemania es el Instituto Federal Físico-Técnico (PTB) el que fija los estándares nacionales y los compara con los resultados de mediciones de otros institutos para poder representar del mismo modo mundialmente con medios físicos magnitudes importantes como la temperatura .

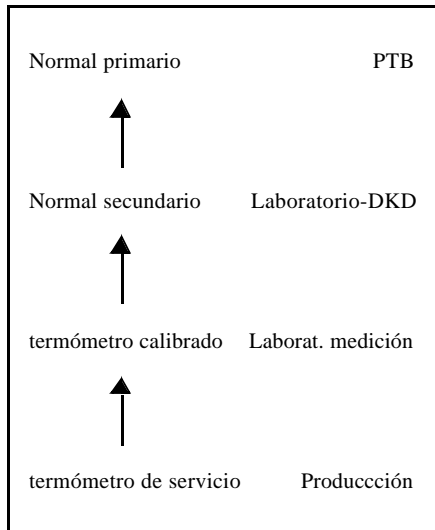


Gráfico 21: trazabilidad

La gran demanda de aparatos calibrados de esta forma hacen insuficientes las instalaciones públicas, por lo que se instalan laboratorios de calibración en la industria a cargo de la misma. Estos laboratorios, como también el **DKD-Laboratorio para temperatura 9501** de JUMO, están unidos al Servicio Alemán de Calibrado y están subordinados técnicamente al PTB. Con ello se garantiza que los medios de medición utilizados en un laboratorio DKD sean claramente trazables al estándar nacional y con ello también los termómetros allí empleados.

Advertencia de seguridad

Todas las uniones por soldadura en termómetros y pozos de inmersión se comprueban con un sistema elemental de aseguramiento de calidad según DIN 8563, parte 113. Para la „zona de comprobación obligada“ (p.e. construcción de envases a presión) según el § 24 de las ordenanzas industriales, se requieren condiciones especiales. Si el cliente comunica que la aplicación se realizara en una zona de comprobación obligada, se realizan pruebas técnicas de soldadura según EN 287 y EN 288.

Carga de presión en sondas de temperatura

La resistencia a la presión de los bastidores de protección como se utilizan en termómetros eléctricos depende en gran medida de los diferentes parámetros de proceso, como son:

- temperatura
- presión
- velocidad de flujo
- vibraciones

Adicionalmente se deben tener en cuenta las características de los materiales del bastidor de protección como materia prima, longitud de inmersión, diámetro y tipo de conexión a proceso.

Los siguientes graficos proceden de la norma DIN 43 763 y muestran la carga límite para las diferentes formas de construcción en función de la temperatura y de la longitud de inmersión, así como de la velocidad de flujo, temperatura y medio.

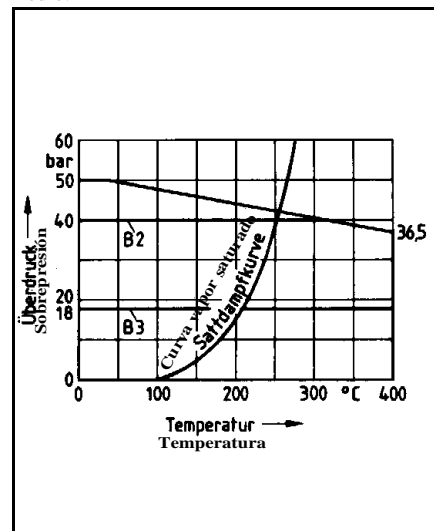


Gráfico 22: carga de presión para tubos de protección forma B

acero inoxidable 1.4571
 velocidad hasta 25m/s en aire
 velocidad hasta 3m/s en agua

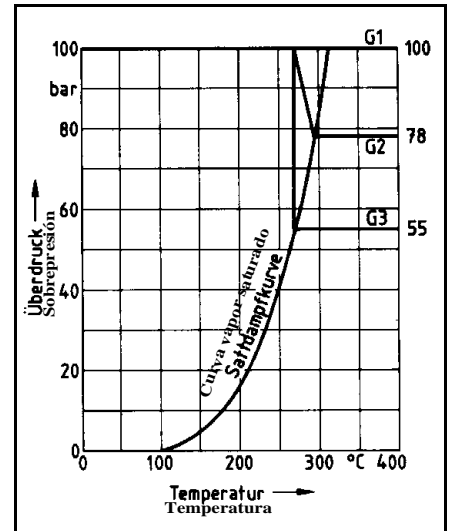


Gráfico 23: carga de presión para tubos de protección forma G

acero inoxidable 1.4571
 velocidad hasta 40m/s en aire
 velocidad hasta 4m/s en agua

JUMO CONTROL S.A

Domicilio social:
Valle de Tobalina 18 Nave 1
28021 MADRID
Tel: 91 723 34 50
Fax: 91 795 46 04

Delegación Barcelona
Ámerica, 39
08041 BARCELONA
Tel: 93 410 94 92
Fax: 93 419 64 31

Delegación Bilbao
Correos, 8 Dpto. 403
48920 PORTUGALETE
Tel: 94 472 42 47
Fax: 94 472 42 48

E-Mail: info@jumo.es
Internet: www.jumo.es



Como ya se menciona en la norma, se trata de valores de orientación que deben comprobarse individualmente para cada aplicación. Pequeñas desviaciones de las condiciones de medición pueden ocasionar la rotura del tubo de protección.

Si se exige la comprobación del bastidor de protección en el pedido de un termómetro eléctrico, se deben indicar el tipo de carga y los valores límite.

Para una gran número de construcciones de termómetros, el gráfico 24 muestra los límites de carga (valores orientativos) para diferentes medidas de tubo. La carga máxima de presión para tubos de protección cilíndricos se representa como función del grosor de pared con diferentes medidas de diámetro de tubo.

Los datos son válidos para tubos de protección de acero inoxidable 1.4571, longitud de inmersión 100mm, velocidad de circulación 10m/s en aire o 4m/s en agua y un campo de temperatura de -20...+100°C. Se tuvo en cuenta un factor de seguridad de 1.8. Para temperaturas mas altas u otros materiales, la carga máxima de presión se debe reducir por los valores porcentuales indicados en la tabla.

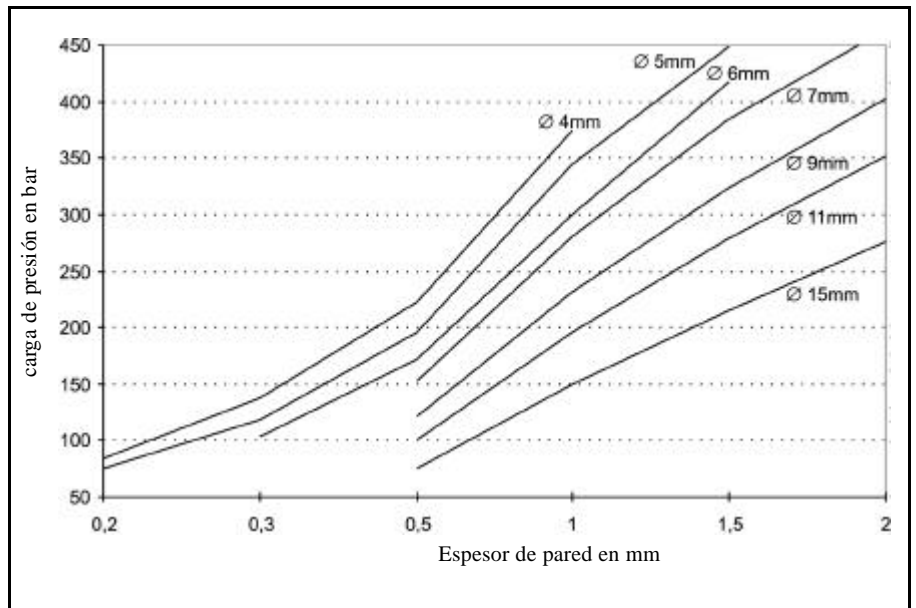


Gráfico 24: Límites de carga del tubo de protección según las medidas de tubo

Material	Temperatura	Reducción
CrNi 1.4571	hasta +200°C	-10%
CrNi 1.4571	hasta +300°C	-20%
CrNi 1.4571	hasta +400°C	-25%
CrNi 1.4571	hasta +500°C	-30%
CuZn 2.0401	hasta +100°C	-15%
CuZn 2.0401	hasta +175°C	-60%

JUMO CONTROL S.A

Domicilio social:

Valle de Tobalina 18 Nave 1

28021 MADRID

Tel: 91 723 34 50

Fax: 91 795 46 04

Delegación Barcelona

Ámerica, 39

08041 BARCELONA

Tel: 93 410 94 92

Fax: 93 419 64 31

Delegación Bilbao

Correos, 8 Dpto. 403

48920 PORTUGALETE

Tel: 94 472 42 47

Fax: 94 472 42 48

E-Mail: info@jumo.es

Internet: www.jumo.es



Prueb de presión para bastidores de protección para termómetros

Los bastidores de protección soldados de los termómetros de JUMO se someten a una prueba de estanqueidad. Según la construcción del bastidor se realiza una prueba de presión o de fuga.

Los termómetros que se fabrican según normas DIN o según directrices específicas de aplicación (química, industria petrolífera, disposiciones sobre envases a presión, calderas de vapor), requieren pruebas de presión diferenciadas según su aplicación.

Al realizar el pedido se deben indicar las pruebas necesarias o las normas y disposiciones si los termómetros han de ser fabricados según esas normas o disposiciones.

Alcance de las pruebas

Las pruebas pueden llevarse a cabo en cada bastidor individualmente y pueden ser documentadas con un protocolo de comprobación o certificado de inspección según DIN EN 10204(sobreprecio).

Tipo de pruebas

Las pruebas se pueden realizar en bastidores de protección hasta una longitud de inmersión de max. 1050 mm con brida de conexión DN 25 o racor max. de 1".

Las siguientes pruebas pueden llevarse a cabo:

Tipo de control	Medio de control	Campo de presión	Duración
Derrame	helio	en vacío	10s
Prueba de presión I	nitrógeno	1...50bar	10s
Prueba de presión II	agua	50...300bar	10s

Ensayo de fuga

En el interior del tubo de protección se genera una presión de vacío. Desde el exterior se realiza una carga de helio sobre el bastidor. Si existe una fuga, el helio se introduce en el interior del bastidor y un sistema de análisis lo reconoce. Por la subida de presión se calcula el ratio de fuga (ratio de fuga > 1×10^{-6} l/bar).

Prueba de presión I

El tubo de protección se carga desde el exterior con una sobrepresión de nitrógeno. Si existe una fuga en el bastidor, se genera un flujo volumétrico en el interior que es fácilmente reconocido.

Prueba de presión II

El tubo de protección se carga desde el exterior con presión de agua. Esta presión debe permanecer constante durante un periodo de tiempo determinado. Si este no es el caso, el bastidor no es estanco.

Proceso de soldadura homologado para la producción de tubos de protección de termómetros

Aparte de la utilización de materiales inmejorables, la estabilidad mecánica y la calidad del tubo de protección están determinados finalmente también por la técnica de unión. Por este motivo JUMO se orienta en la técnica de soldadura según las normas europeas EN 287 y EN 288. Los trabajos de soldadura manual son realizados por soldadores homologados según EN 287. Los procesos automatizados de soldadura se homologan mediante una WPS (instrucción de soldadura) según EN 288.

La siguiente tabla 2 muestra un resumen de los procesos homologados de soldadura:

Material	Soldadura WIG	
	Manuál	automático
W11, W11 con W01-W04 según EN 287	diámetro del tubo	2...30mm
	grosor de pared	0,75...5,6mm
	diámetro de tubo	5...10mm
	grosor de pared	0,5...1,0mm

Tabla 2: procesos homologados de soldadura

La experiencia acumulada de nuestros soldadores también les capacita para realizar uniones con otros materiales y de otras medidas

Para grosores de pared de menos de 0,6mm también se utiliza la soldadura por láser supervisada por un especialista en láser según la directriz DSV 1187.

A petición del cliente se confeccionan con sobreprecio certificados de fábrica sobre los materiales utilizados. Igualmente se pueden realizar, con sobreprecio según volumen, pruebas especiales y cálculos como se preciben en las diversas directrices según utilización. Estas pueden ser: pruebas de rayos X, pruebas de fisuras (test de penetración de color), tratamiento térmico, limpiados especiales y marcado.

