TERMOCUPLAS Y TERMORESISTENCIAS



DOCUMENTO TÉCNICO

1. Termocuplas.

Las termocuplas son sensores de temperatura ampliamente utilizados en aplicaciones industriales por su robustez y capacidad para trabajar en amplios rangos térmicos. Están compuestas por dos conductores metálicos de diferente material unidos en un extremo, conocido como junta caliente, que es el punto donde se realiza la medición y que se expone directamente al proceso.
El otro extremo corresponde a la junta fría o de referencia, que se conecta al instrumento de medición. Cuando existe una diferencia de temperatura entre la junta caliente y la junta fría, se genera una señal voltaica debido al efecto Seebeck proporcional a dicha diferencia, la cual es interpretada para determinar el valor de temperatura. Su diseño sencillo y su resistencia a condiciones exigentes las convierten en una solución confiable para múltiples procesos industriales.

1.1 Tipos de termocupla.

Existen diversas combinaciones de metales que permiten fabricar termocuplas, pero con el fin de garantizar uniformidad y compatibilidad a nivel internacional, se han estandarizado ciertos tipos que cubren la gran mayoría de aplicaciones industriales.

Estos tipos se identifican mediante letras (J, K, T, E, N, R, S y B), y cada uno posee características particulares en cuanto a rango de temperatura, estabilidad y comportamiento en diferentes ambientes de operación.

Su relación entre temperatura y señal eléctrica está definida por la norma internacional IEC 60584 (basada en la escala ITS-90), la cual establece tablas de referencia que aseguran precisión y coherencia en la medición.

Es importante tener en cuenta que la norma define la relación temperatura-voltaje, mientras que aspectos como diseño mecánico, materiales de protección y configuración constructiva dependen de las condiciones específicas de cada aplicación.

Las termocuplas se agrupan en tres categorías principales:

Metales base (J, K, T, E, N): Uso industrial general y amplio rango de aplicación.

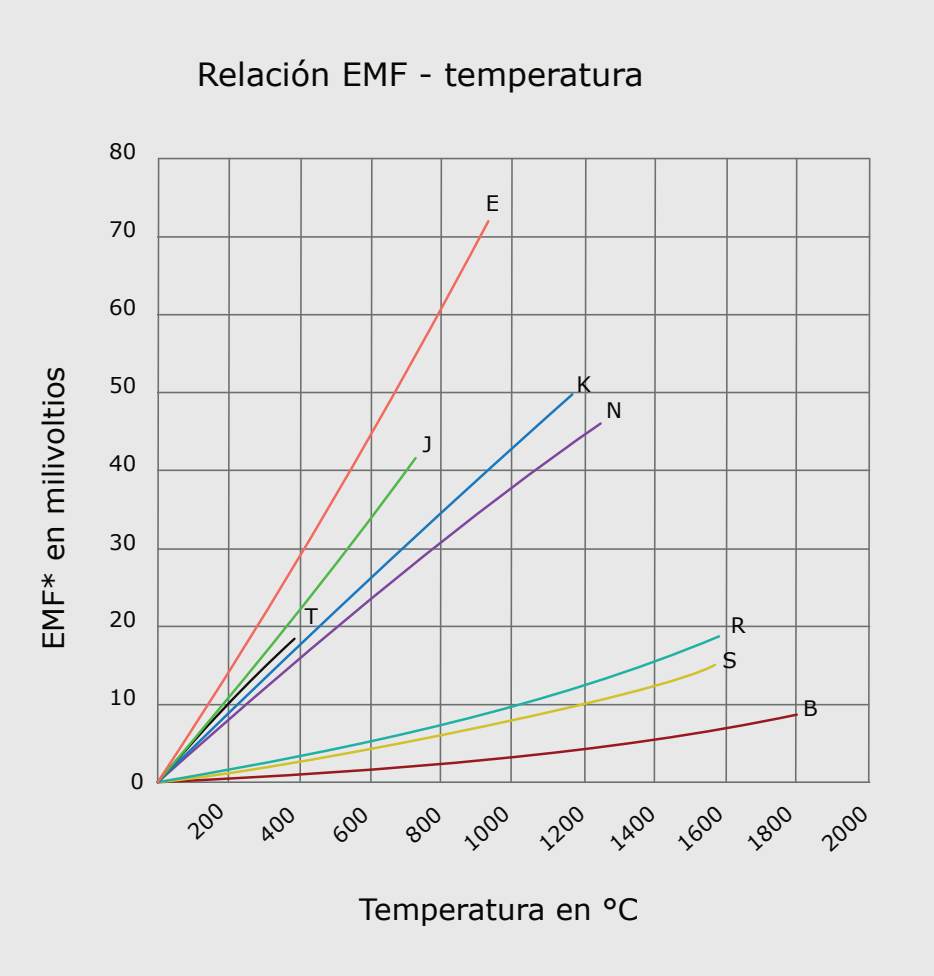
Metales nobles (R, S, B): Mayor estabilidad en altas temperaturas.

Metales refractarios (C, D, G): Diseñados para temperaturas extremadamente elevadas y aplicaciones especiales, según norma ASTM E988.

Tabla 1. Materiales conductores para cada tipo de termocupla.

Tipo de termocupla	Material conductor
T	Cobre y Constantán (Cu y Cu - Ni)
J	Hierro y Constantán (Fe y Cu - Ni)
E	Cromel y Constantán (Ni - Cr y Cu - Ni)
K	Cromel y Alumel (Ni - Cr y Ni - Al)
N	Nicrosil y Nisil (Ni - Cr y Ni - Si)
R	87% de Platino y 13% de Rodio y Platino (PT y Pt - Rh)
S	90% de Platino y 10% de Rodio y Platino (PT y Pt - Rh)
B	70% de Platino / 30% de Rodio y 94% de Platino / 6% de Rodio (Pt - Rh y Pt - Rh)

Graf 1. Relación EMF - temperatura para cada tipo de termocupla.



* EMF: Fuerza electromotriz.

CABLE DE EXTENSION/COMPENSADO.

Cuando se requiere extender la señal de una termocupla desde el punto de medición hasta el instrumento de control o lectura, se emplean cables de extensión o cables compensados para garantizar que la señal termoeléctrica se transmita sin afectar la precisión.

El cable de extensión está fabricado con los mismos materiales, o con aleaciones de comportamiento termoeléctrico equivalente al termopar original, manteniendo así sus características dentro de un rango de temperatura determinado.

Por su parte, el cable compensado utiliza aleaciones diferentes y más económicas, diseñadas para reproducir el comportamiento del termopar únicamente en rangos de temperatura ambiente o moderados.

La selección entre uno u otro dependerá de las condiciones térmicas del trayecto y de los requerimientos de exactitud de la aplicación.

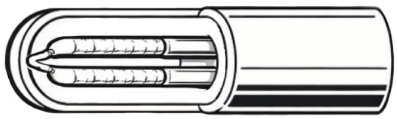
Junta caliente.

Expuesta



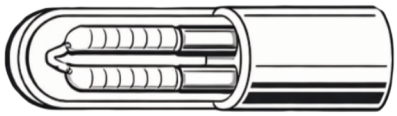
Ofrece mayor sensibilidad y una respuesta térmica más rápida al estar en contacto directo con el medio, lo que permite detectar variaciones de temperatura con alta precisión. Es adecuada para gases no corrosivos o ambientes limpios; sin embargo, al no contar con protección adicional, el sensor queda expuesto al proceso, por lo que no se recomienda en condiciones severas o con sustancias agresivas.

A-Tierra



Es adecuada para medios corrosivos y aplicaciones de alta presión, ya que brinda buena protección mecánica y una respuesta térmica rápida con un equilibrio entre velocidad y durabilidad; sin embargo, al no contar con aislamiento eléctrico total, es susceptible a interferencias eléctricas y posibles lazos de tierra, lo que puede afectar la estabilidad de la señal en entornos industriales.

Aislada



Es adecuada para medios corrosivos y aplicaciones donde se requiere mayor protección del sensor. Al contar con aislamiento eléctrico, evita interferencias o señales falsas en el circuito, garantizando mediciones más estables y confiables. Sin embargo, debido a este aislamiento, presenta una respuesta térmica más lenta en comparación con otras configuraciones.

1.3 Junta fría.

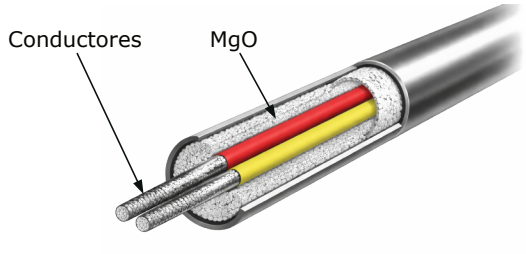
La junta fría es el punto donde los conductores del termopar se conectan al instrumento de medición o a los cables de extensióno o compensado. En esta unión se genera una referencia de temperatura que debe ser compensada para asegurar una lectura precisa, ya que el termopar mide la diferencia de temperatura entre la junta caliente y la junta fría. Actualmente, los equipos electrónicos incorporan compensación automática de junta fría, midiendo la temperatura en el punto de conexión y realizando la corrección correspondiente. Según la aplicación, la junta fría puede suministrarse en diferentes configuraciones: con cabezal y bornera para facilitar conexiones seguras en campo (TC01 y TC03), con terminal de ficha para conexión directa y rápida al instrumento, o en versión lisa para (TC02) integraciones especiales o montajes personalizados.

1.4 Límites de error según ASTM E230.

Tabla 2. Rangos de temperatura según tipo de termocupla y límites de error conforme a la norma ASTM E230.

Tipo de termocupla	Rango de temperatura °C	Límite de error	
		Estándar	Especial
T	0 - 370	± 1°C o ± 0.75%	± 0.5 °C o 0.4%
J	0 - 760	± 2.2°C o ± 0.75%	± 1.1 °C o 0.4%
E	0 - 870	± 1.7°C o ± 0.5%	± 1°C o ±0.4%
K y N	0 - 1260	± 2.2°C o ± 0.75%	± 1.1 °C o ± 0.4%
R y S	0 - 1450	± 1.5°C o ± 0.25%	± 0.6 °C o ± 0.1%
B	800 - 1700	± 0.5%	± 0.25%

1.5 Aislamiento interno.



El aislamiento interno del sensor está compuesto por óxido de magnesio (>97% MgO), un material mineral de alta pureza que ofrece excelente conductividad térmica y, al mismo tiempo, un elevado nivel de aislamiento eléctrico. El MgO permite una transferencia de calor eficiente hacia la junta caliente, mejorando el tiempo de respuesta, mientras mantiene eléctricamente aislados los conductores internos, garantizando estabilidad, precisión y seguridad en la medición, incluso en aplicaciones de alta temperatura.

1.6 Materiales de tubo protector.

Tabla 3. Materiales de tubo de protección.

Material de tubo protector	Máxima temperatura de operación	Características
Acero inoxidable 304	800°C	Buena resistencia a la corrosión y oxidación a temperaturas moderadas. Excelente soldabilidad y facilidad de conformado, ideal para aplicaciones industriales.
Acero inoxidable 316	800°C	Presenta una de las mejores resistencias a la corrosión entre los aceros inoxidables austeníticos. Es ampliamente utilizado en procesos químicos y ofrece una resistencia efectiva frente al H_2S, al cloro gaseoso seco y al cloruro de sodio.
Acero inoxidable 321	800°C	Alta resistencia a la corrosión en una gran variedad de aplicaciones industriales, conservando una excelente ductilidad. Este grado se encuentra estabilizado con titanio para optimizar su comportamiento durante la soldadura.
Acero inoxidable 310	1100°C	Presenta adecuada resistencia a la oxidación; sin embargo, no se recomienda realizar procesos de conformado o manipulación posteriores. Ofrece un desempeño satisfactorio en ambientes con presencia de azufre.
Acero inoxidable 446	1150°C	Excelente resistencia a la oxidación y a la corrosión a altas temperaturas. Especialmente adecuado para ambientes con presencia de azufre, recomendado en aplicaciones de alta temperatura.
Incoloy 800	1100°C	Excelente resistencia a la oxidación y carburización a altas temperaturas. Mantiene buena estabilidad estructural y resistencia mecánica, ideal para altas temperaturas y ambientes agresivos.
Inconel 600	1150°C	Presenta sobresaliente resistencia a la oxidación; sin embargo, no se recomienda su uso en ambientes con presencia de azufre a temperaturas superiores a 550°C. Ofrece excelente resistencia química y es prácticamente resistente al agrietamiento por corrosión bajo tensión causado por iones de cloruro.

1.7 Colores según normas.

Tabla 4. Identificación por color del cable.

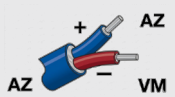
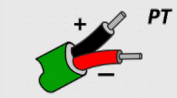
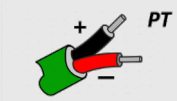
Tipo de termocupla	IEC 60584	ASTM E230
K		
J		
T		
E		

Tabla 4. Identificación por color del cable.

Tipo de termocupla	IEC 60584	ASTM E230
N		
R		
S		
B		

2. Termorresistencias RTD.

Las RTD son sensores de temperatura que funcionan bajo el principio de variación de la resistencia eléctrica en función de la temperatura. Se destacan por su alta precisión, excelente estabilidad a largo plazo y repetibilidad en la medición, lo que las hace ideales para aplicaciones industriales donde se requiere control y monitoreo confiable de temperatura. Son ampliamente utilizadas en procesos industriales, laboratorios y sistemas de automatización, especialmente en rangos de temperatura moderados donde se busca mayor exactitud frente a otros tipos de sensores.

2.1 Tipos.

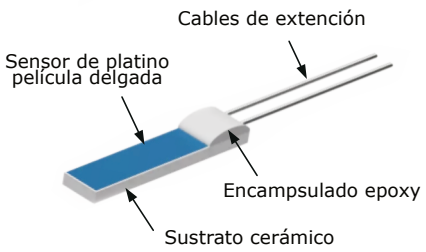
Se manejan tres tipos de termorresistencias RTD para cubrir diferentes necesidades de medición: PT100, PT500 y PT1000. Aunque todas se basan en el mismo principio de variación de resistencia con la temperatura, cada una ofrece un valor nominal distinto a 0°C, 100 Ω, 500 Ω y 1000 Ω respectivamente lo que permite adaptarse a distintos niveles de sensibilidad y a una amplia variedad de instrumentos de control.

2.3 Construcción.

Los RTD se producen en dos configuraciones principales de construcción, y cada una presenta características particulares, con sus respectivos beneficios y limitaciones.

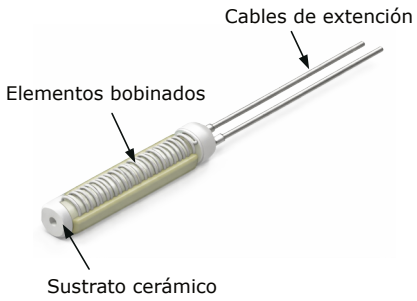
RTD de pelicula delgada Thin Film.

El RTD de película delgada es uno de los más utilizados por su bajo costo y buena resistencia mecánica. Se fabrica depositando una fina capa de platino sobre un sustrato cerámico, donde se define la trayectoria resistiva, y posteriormente se protege con recubrimientos que le brindan estabilidad y protección frente a agentes externos, incorporando conductores para la conexión eléctrica.



RTD embobinado con alambre.

El elemento RTD embobinado se fabrica a partir de un alambre muy fino de platino, el cual se enrolla cuidadosamente y se inserta en un aislante cerámico para asegurar su estabilidad y correcto aislamiento. Luego, se unen cables de extensión más robustos mediante soldadura por puntos, garantizando una conexión firme y duradera. Este método de construcción permite obtener un sensor preciso y estable, capaz de ofrecer un rendimiento confiable en diversas aplicaciones industriales.



2.2 Aislamiento interno.

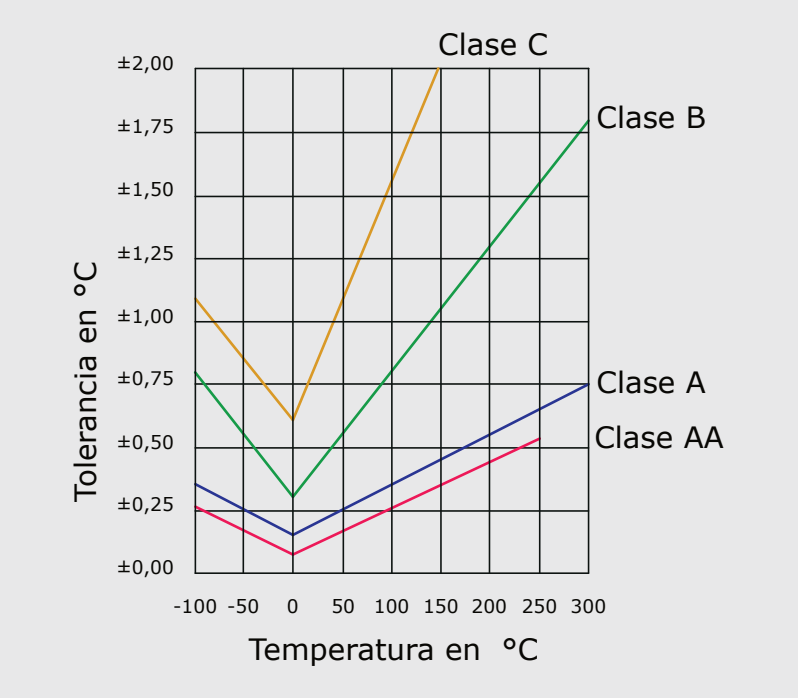
El material del aislamiento puede ser óxido de aluminio 56% - 58% MT: 1400°C o al igual que las termocuplas puede ser de óxido de magnesio al 97%.

2.4 Clases de precisión.

Tabla 5. Clases de precisión según IEC 60751 .

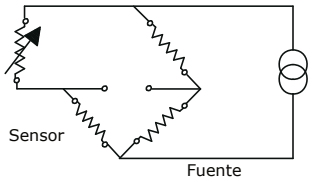
Clases de tolerancias	Rango de temperatura °C		Valores de tolerancias
	RTD embobinado con alambre	RTD de pelicula delgada thin film	
AA	-50 a 250	0 a 150	± (0.1 + 0.0017 | t |)
A	-100 a 450	-30 a 300	± (0.15 + 0.002 | t |)
B	-196 a 600	-50 a 500	± (0.3 + 0.005 | t |)
C	-196 a 600	-50 a 600	± (0.6 + 0.01 | t |)

Graf 2. Tolerancias para RTD.



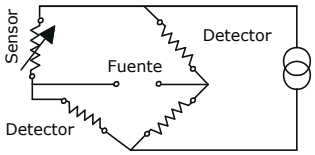
2.5 Configuraciones de cables conductores.

2 hilos



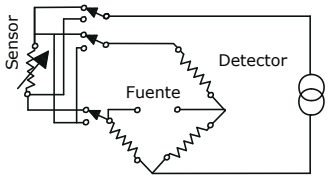
Construcción simple, recomendada para distancias menores a 10 m, donde la resistencia del cable y los efectos de la temperatura ambiente son prácticamente despreciables. En estas condiciones, la influencia del conductor sobre la señal es mínima, permitiendo una medición estable y confiable sin necesidad de configuraciones adicionales de compensación.

3 hilos



Es la configuración más utilizada en aplicaciones industriales; emplea una conexión a tres hilos que permite compensar la resistencia del cable, reduciendo así los errores asociados a la longitud del conductor y a las variaciones de temperatura ambiente, mejorando la precisión de la medición.

4 hilos



Configuración de cuatro hilos utilizada en aplicaciones de alta precisión, ya que permite eliminar prácticamente la influencia de la resistencia de los conductores. Al separar el circuito de medición y alimentación, se obtiene una lectura más exacta y estable, independiente de la longitud del cable o de las variaciones en su resistencia.

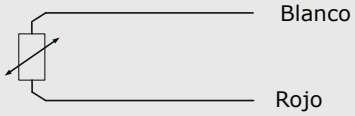
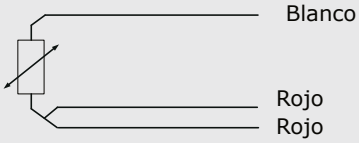
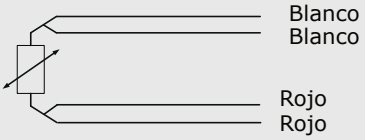
2.5 Materiales de conductores y funda.

Tabla 6. Materiales de conductores y fundo

Material de conductor	Material de funda
Cobre	SS 316L
Constantan	SS 321
Niquel	Inconel 600

2.6 Configuraciones del cable y código de color.

Tabla 7. Configuración de cable.

Cantidad de cables	Esquema	Aplicaciones
2 cables		• Se emplea cuando la longitud del cable es reducida. • Sin compensación de la resistencia del cable. • La resistencia del cable influye en el valor medido.
3 cables		• Es la configuración de RTD más utilizada. • Permite una medición independiente de corriente - voltaje. • Mejora la precisión de la medición.
4 cables		• Utilizada en aplicaciones de alta presición. • Compensa la resistencia de los conductores. • Medición directa de tensión en el RTD.

© 09/2025 WEISZ. Todos los derechos reservados.
La información incluida corresponde al estado de desarrollo vigente al momento de su publicación.
Debido a la mejora continua de nuestros productos, las especificaciones pueden cambiar sin previo aviso.