

Cuando por necesidades de la instalación, el aparato de medida se encuentra alejado del punto de medición, estos dos puntos se unen por medio de una línea de compensación.

Esta línea de compensación tiene que tener unas características termoeléctricas iguales a las del termopar; lo que implica que sea del mismo material, ya que se puede tratar de materiales sustitutos, que están formados por aleaciones diferentes.

Los cables de compensación se utilizan solamente para termopares.

Los materiales sustitutos se emplean generalmente por razones de **precio**. Otra razón para su utilización es su baja resistencia eléctrica.

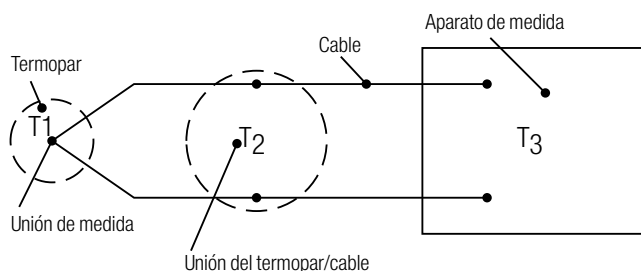
ELECCIÓN DE AISLAMIENTO

Según la temperatura ambiente, porcentaje de humedad, gases, vapores, etc., presentes debe variar el tipo de aislamiento empleado, cumpliendo fundamentalmente exigencias mecánicas y ambientales. No es necesario un elevado grado de aislamiento, ya que la f.e.m. generada es muy débil, pero sí interesa que el material empleado tenga una buena característica dieléctrica. Como material aislante para este tipo de cables puede considerarse cuanto se expone en la tabla que sigue:

CARACTERÍSTICAS	PVC 105 °C	COPOLÍMERO ETILENO PROPILENO EPR	TEFZEL	TEFLÓN FEP	TEFLÓN PTFE	GOMA DE SILICONA	HILADO DE VIDRIO IMPREGNADO
Peso específico kg./dm ³ .	1,35	1,5	1,7	2,15	2,2	1,2	-
Constante dielet. indicativa	4-5	2,5-3	2,6	2,2	2,2	3-3,5	-
Resist. térmica °C máx	105	90	155	200	260	200	350
Flexibilidad	buena	óptima	discreta	discreta	discreta	óptima	buena
Absorción de agua	mínima	modesta	casi nula	casi nula	casi nula	modesta	casi nula
Resistencia a la abrasión	buena	discreta	excelente	excelente	excelente	escasa	buena
Resistencia a la radiación	buena	muy buena	discreta	escasa	escasa	muy buena	muy buena
Resistencia a la llama	autoext.	escasa	no quema	no quema	no quema	discreta	no quema
Resistencia al vapor	buena	buena	excelente	excelente	excelente	limitada	limitada
Resist. a los ácidos y bases	óptima	buena	excelente	excelente	excelente	buena	buena
Resist. a los aceites minerales	buena	escasa	excelente	excelente	excelente	escasa	discreta
Resist. a los agentes atmosf.	muy buena	buena	excelente	excelente	excelente	muy buena	buena

INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE TERMOPARES Y CABLES DE COMPENSACIÓN

Definiciones básicas:



- **TERMOPAR:**

Elemento que transforma diferencias de temperaturas en diferencias de potencial (fem: fuerza electromotriz, expresada en milivoltios), formado por dos conductores metálicos de naturaleza diferente.

- **UNIÓN DE MEDIDA:**

Es la unión del termopar que se somete a la temperatura a medir (T_1).

- **UNIÓN DE TERMOPAR / CABLE:**

Es la unión del termopar con el cable que va conectado al aparato de medida (T_2).

- **CABLE DE COMPENSACIÓN:**

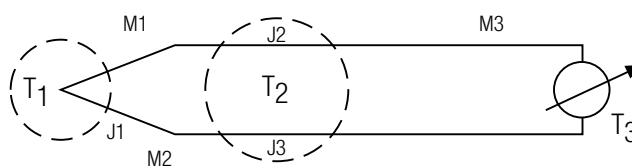
Cable que une el termopar y el aparato de medida y cuyos conductores son de naturaleza distinta a la del termopar.

- **CABLE DE EXTENSIÓN:**

Es el cable que tiene la misma utilización que el de compensación, pero que los conductores son del mismo material que el termopar.

CONSTRUCCIONES ELEMENTALES DE CIRCUITOS ENTRE TERMOPARES Y CABLES

Un ejemplo de utilización consiste en adoptar el siguiente esquema:



Los materiales M1 y M2 se escogerán de tal manera, que nos den valores de f.e.m. importantes cuando la diferencia de temperaturas sea pequeña. El material M3 no tiene influencia sobre la medida, podría ser de Cu y el aparato indicador será un galvanómetro normal.

MONTAJE BÁSICO

1.ª MONTAJE

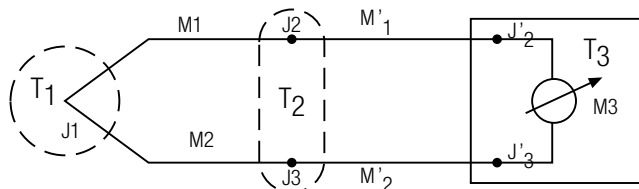
Una solución teóricamente buena consistirá en llevar J2 y J3 a una zona donde se pudiera mantener la temperatura constante. Esto supondría conectar a la caña pirométrica un cable con elementos idénticos a los utilizados en el termopar. Esta solución no puede siempre ser tenida en cuenta por razones económicas:

- los hilos de termopares son normalmente de aleaciones especiales o en metales puros, son objeto de selecciones muy severas y de ensayos eléctricos rigurosos a fin de estar conforme con las normas; por esta razón sus precios son elevados, y más cuando las longitudes son grandes.

En este caso el cable de unión entre termopar y aparato de medida es llamado "cable de extensión".

2.ª MONTAJE

A partir de la caña pirométrica (Uniones J2 y J3), se sustituye en los materiales, M1 y M2 del termopar por otros dos materiales M'1 y M'2 más baratos y que no den errores excesivos en la medición con la condición de



que la diferencia de temperatura T2-T3 no exceda de un valor dado, entre 100 °C y 200 °C. Si se cumple esta condición T2 no está sujeta a permanecer constante y conocida. La f.e.m. medida en J'2 y J'3 es la misma que si el termopar estuviera prolongado hasta J'2 y J'3.

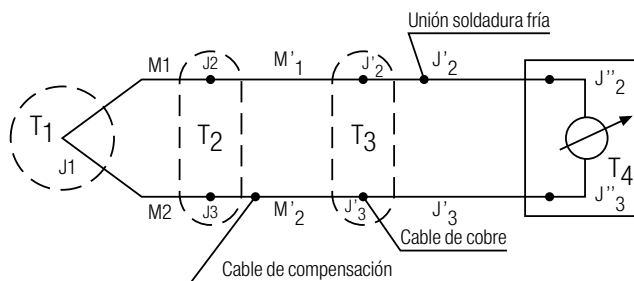
Las aleaciones M'1 y M'2 se dicen que son de "compensación". Las uniones J2-J'2 y J3-J'3 se realizan a través de los cables de compensación, y las popularidades deben ser respetadas. Este cable, de un precio más bien bajo comparado con el de termopar, se caracteriza por:

- Naturaleza del termopar que compensa.
- Temperatura máxima de unión hasta el cual puede cumplir correctamente su tasa de compensación.

Las uniones J'2 y J'3 representan los extremos del cable de compensación conectados a los terminales de cobre del aparato de medida. La temperatura T3 de estas uniones debe ser conocida y constante.

3.ª MONTAJE (CABLE DE COMPENSACIÓN + UNIÓN SOLDADURA FRÍA + CABLE DE COBRE)

En el caso de conexionado de grandes distancias el montaje propuesto no puede ser utilizado siempre por razones evidentes de precio (aunque menos caros que los hilos de termopar, los cables de compensación tienen un precio nada despreciable), se adopta entonces la solución con un empalme de "soldadura fría".

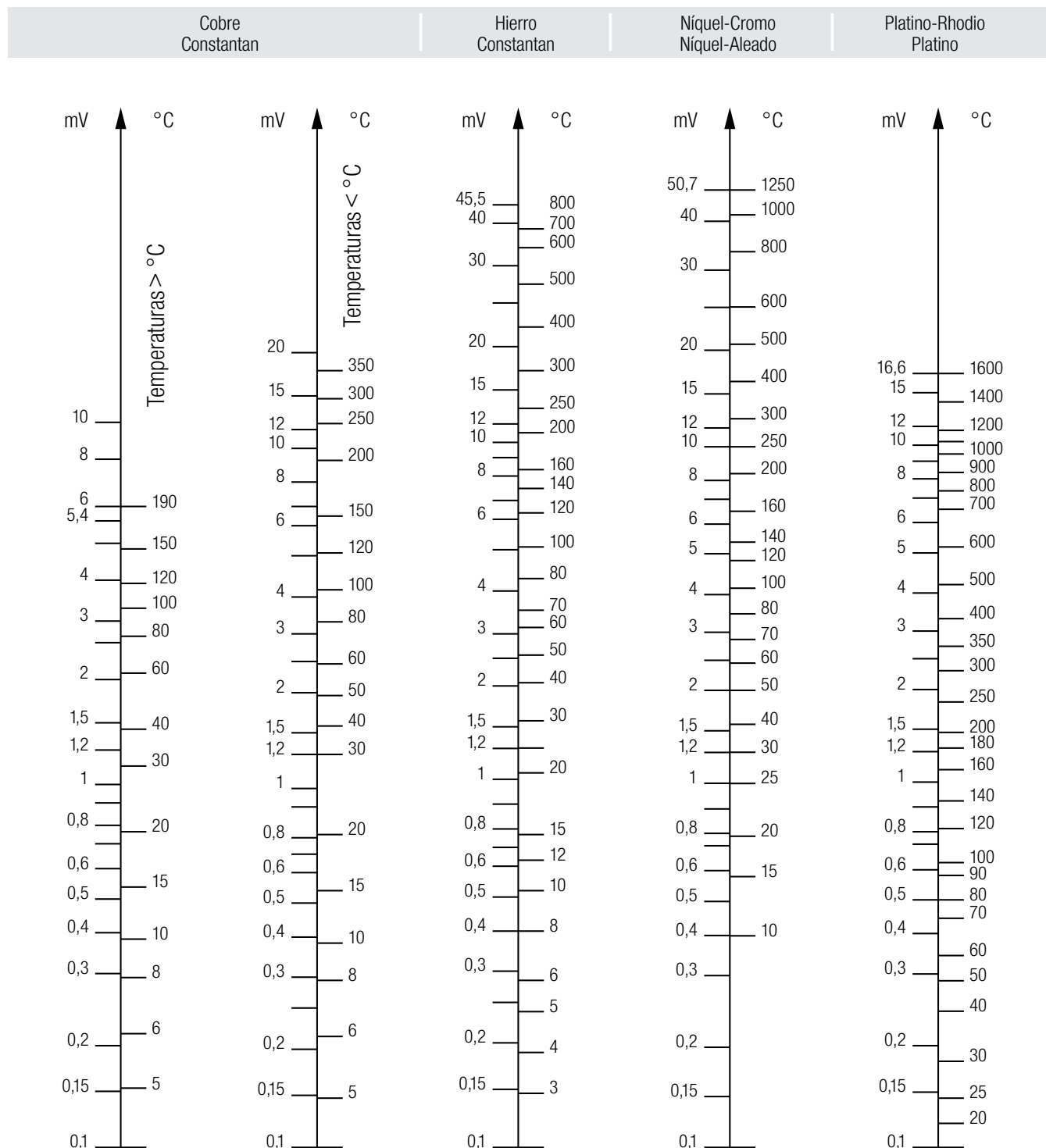


Las condiciones son las siguientes:

- Las uniones J2 y J3 (caña pirométrica) pueden estar a una temperatura T2 cualquiera y variable, sólo debe ser inferior a la temperatura máxima de la unión en función del cable de compensación.
- Las uniones en la soldadura fría deben estar a una temperatura T3 conocida y constante.
- Las uniones J'2 y J'3 no se les exige ninguna condición de temperatura.



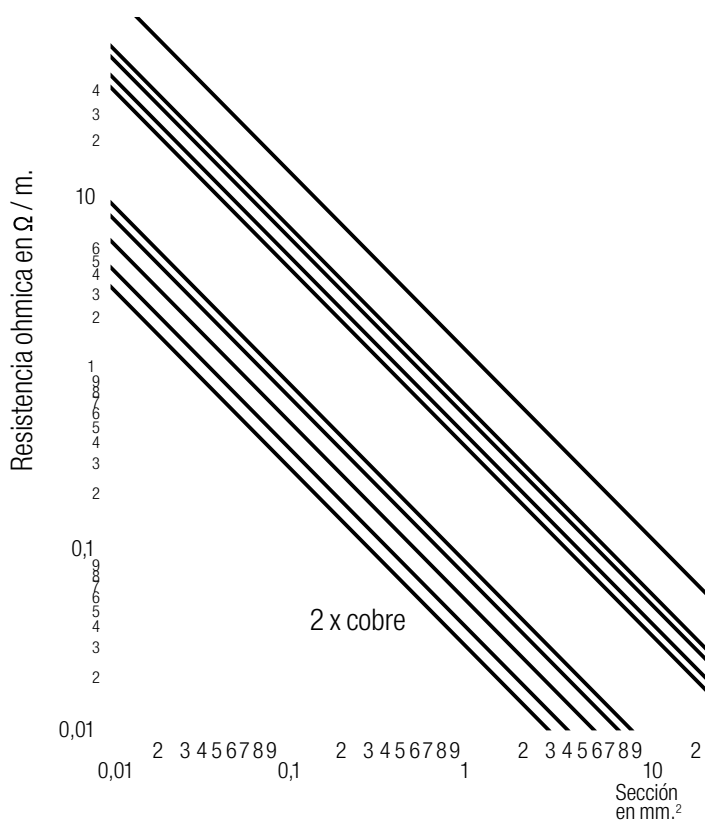
ESCALA RELACIÓN DE F.E.M. / TEMPERATURA (Unión fría a 0°C)



RESISTENCIA EN FUNCIÓN DE LA SECCIÓN A 20 °C (En bucle de 1 m)

TERMOPAR	ALEACIÓN DE LOS CONDUCTORES	RESISTENCIA EN Ω A 20 °C EN BUCLE PARA UNA SECCIÓN DE 1 mm ² POR 1 M DE CABLE
Cu/Ko	Cobre/constantan	0,508
Fe/Ko	Hierro/constantan	0,611
NiCr/Ko	Níquel-cromo/constantan	1,220
NiCr/Ni	Cobre/constantan	0,508
	Hierro/isazin	0,422
	Hierro/isaminus	0,632
PtRh/Pt	Cobre/cobre níquel	0,042
	Isacu 064/isacu 128	0,066
	Isacu 090/isacu 154	0,096
Pt Rh 30/ Pt Rh 6	Cobre S/cobre	0,083

- 1º Cobre / constantan
- 2º Hierro / constantan
- 3º Níquel-cromo / constantan
- 4º Cobre / constantan
- 5º Hierro / Isazin
- 6º Hierro / isaminus
- 7º Cobre / cobre-níquel
- 8º Isacu 064 / isacu 128
- 9º Isacu 090 / isacu 154
- 10º Cobre S/ cobre



CUADRO RESUMIDO

- Combinaciones de los termopares con los cables de extensión y compensación
- Identificación según las normas internacionales
- Características de los conductores

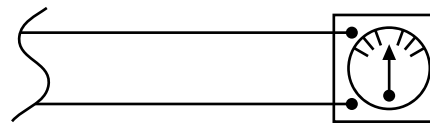


TERMOPARES					COMPENSACIÓN			
METALES					METALES			
SÍMBOLOS	+	-	TEMPERATURA UTILIZACIÓN EN °C	F.E.M. A 100°C EN mV	EXTENSIÓN SÍMBOLOS	SÍMBOLOS	+	-
T	COBRE	CUPRO-NÍKEL T o ADVANCE • o CONSTANTAN •	-200 °C a +350 °C	4,277	TX	TC	COBRE	CUPRO-NÍKEL T o ADVANCE • o CONSTANTAN •
J	HIERRO	CUPRO-NÍKEL J o ADVANCE • o CONSTANTAN •	-40 °C a +750 °C	5,268	JX	JC	HIERRO	CUPRO-NÍKEL J o ADVANCE • o CONSTANTAN •
E	NÍKEL-CROMO CROMEL •	CUPRO-NÍKEL E o ADVANCE • o CONSTANTAN •	-150 °C a +800 °C	6,317	EX	EC	NÍKEL-CROMO CROMEL •	CUPRO-NÍKEL E o ADVANCE • o CONSTANTAN •
K	NÍKEL-CHROME o CHROMEL •	NÍKEL-ALEADO o ALUMEL •	-150 °C a +1.100 °C	4,095	KX	KC	NÍKEL-CROMO CROMEL •	NÍKEL-ALEADO o ALUMEL •
						WC	HIERRO	CUPRO-NÍKEL W o ADVANCE • o CONSTANTAN •
V	COBRE	CUPRO-NÍKEL V o ADVANCE • o CONSTANTAN •			VC			
N	NÍKEL-CROMO SILICIO o NICROSIL •	NÍKEL-SILICIO MAGNESIO o NISIL •	-150 °C a +1.100 °C	2,774				
R	PLATINO 13% RODIO	PLATINO	0 °C a +1.600 °C	0,647		RC	COBRE	CUPRO-NÍKEL R o ADVANCE • o CONSTANTAN •
S	PLATINO 10% RHODIUM	PLATINO	0 °C a +1.550 °C	0,645		SC	COBRE	CUPRO-NÍKEL S o ADVANCE • o CONSTANTAN •
B	PLATINO 30% RODIO	PLATINO 6% RODIO	-600 °C a +1.700 °C	0,033		BC	COBRE	COBRE- ALEADO (1)
W	TUNGSTENO	TUNGSTENO RENIO 26%	0 °C a +2.600 °C	(a 1.000 °C) 14,500				
W3	TUNGSTENO RENIO 3%	TUNGSTENO RENIO 25%	0 °C a +2.100 °C	(a 1.000 °C) 18,257				
W5	TUNGSTENO RENIO 5%	TUNGSTENO RENIO 26%	0 °C a +2.600 °C	(a 1.000 °C) 18,226				

(1) Cuando la unión entre el termopar y el cable de compensación sea inferior a 100 °C, el conductor negativo puede ser de cobre (con el mismo código de colores)



CABLES DE EXTENSIÓN O COMPENSACIÓN



EXTENSIONES-COMPENSACIONES

CÓDIGO DE COLORES

RESISTENCIA LINEAL
APROXIMADA A 20°C
(Ohm/km/mm²)

F
NFC 42324

GB
BS 1843

D
DIN 43714

USA
ANSI / MC 96-1

CEI
584-1

JAPÓN
JISC 1610

		F NFC 42324	GB BS 1843	D DIN 43714	USA ANSI / MC 96-1	CEI 584-1	JAPÓN JISC 1610
18	490						
120	490						
730	490						
730	280						
120	250						
18	490						
18							
18	40						
18	100						