

# Buenas prácticas de medición utilizando un calibrador multifunciones como simulador de termopares

**Marco Antonio Rodríguez Guerrero, David Avilés Castro**  
**Centro Nacional de Metrología**  
**mrodrigu@cenam.mx**

NOTA 1. Este trabajo ha sido desarrollado con recursos del gobierno federal de México. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

NOTA 2. En este documento pueden aparecer marcas comerciales únicamente con fines didácticos y a fin de lograr un entendimiento claro de las técnicas y procesos descritos. En ningún caso esta identificación implica recomendación o aval del CENAM o de alguna otra institución del gobierno federal de México, ni tampoco implica que los equipos o materiales identificados sean necesariamente los mejores para el propósito para el que son usados. El CENAM y las demás instituciones no tienen compromisos con ninguna marca comercial en particular.



**Encuentro Nacional de  
Metrología Eléctrica 2009**  
**18-20 de noviembre**

→ Electromagnetismo  
→ Temperatura y  
Propiedades Termofísicas  
→ Tiempo y Frecuencia



CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, CENAM,  
DERECHOS RESERVADOS 2009

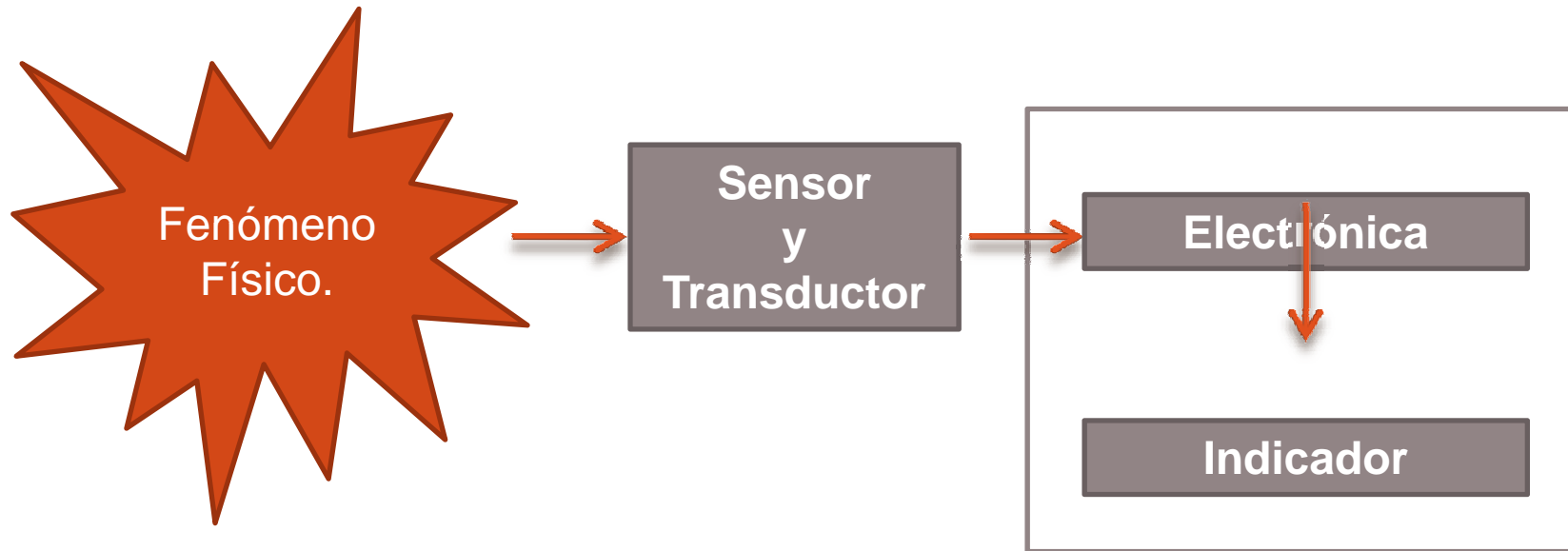
# Índice de Presentación.

---

1. Introducción.
2. Enfoque industrial.
3. Concepto de simulación de termopares.
4. Calibración de indicadores de temperatura.
5. Interpretación de resultados.
6. Conclusiones.

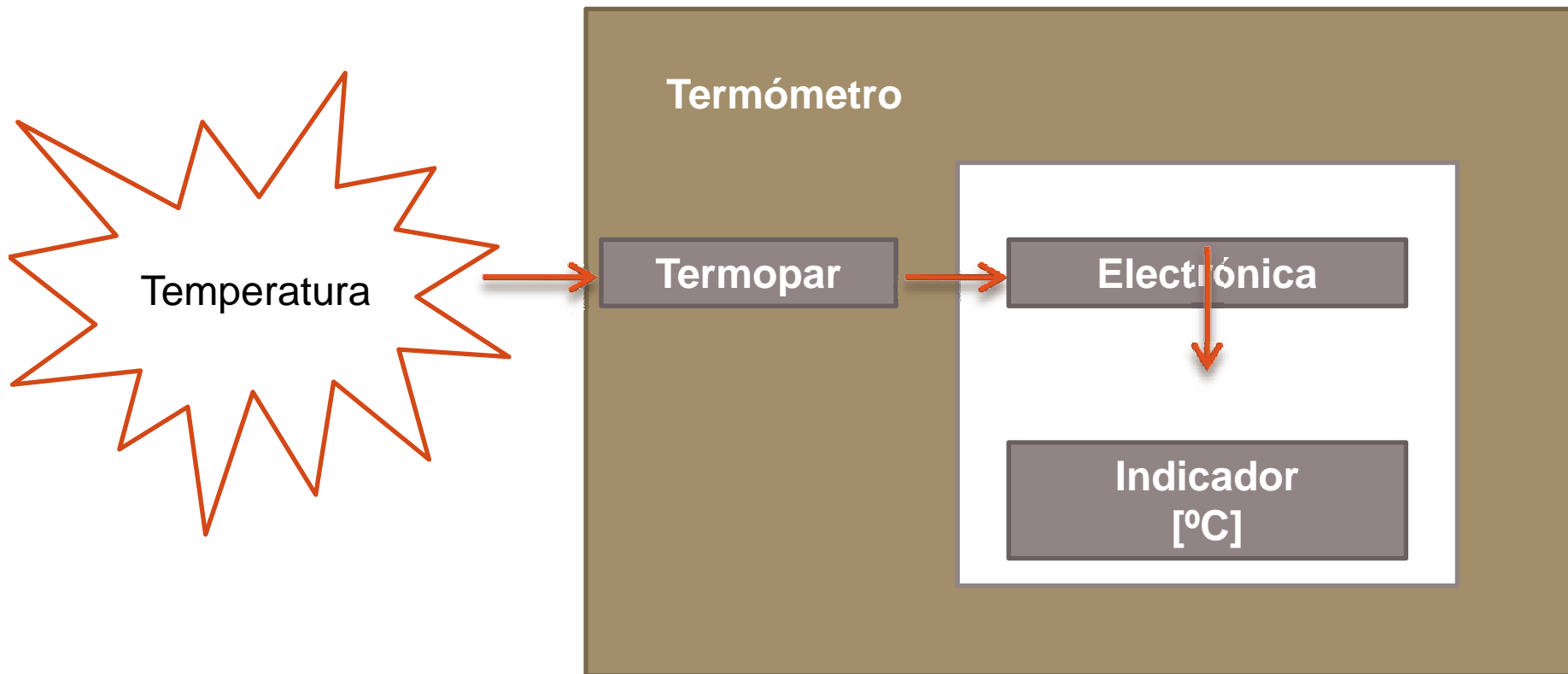
# Introducción.

## Cadena de Medición (Instrumentación)



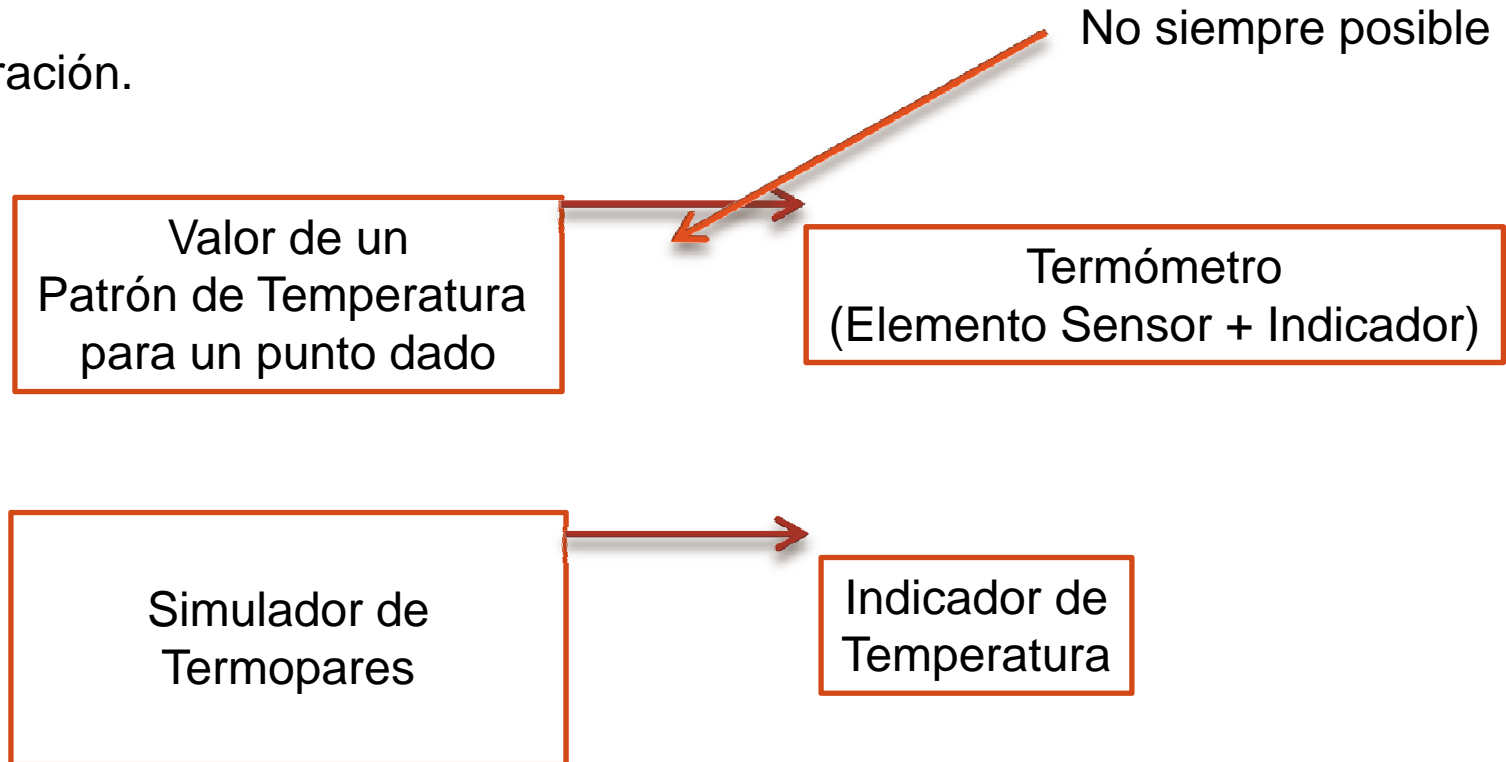
# Introducción.

## Cadena de Medición (Instrumentación)



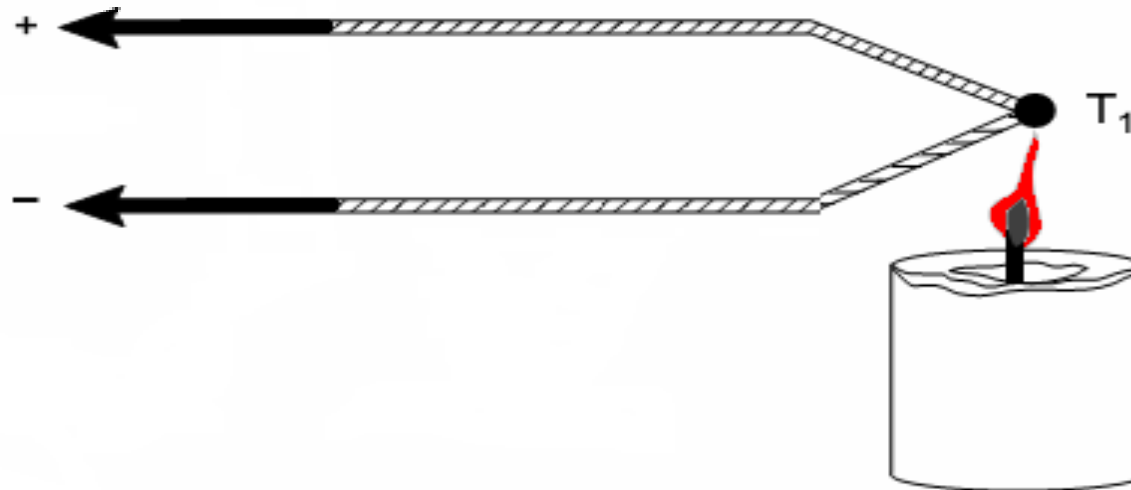
# Introducción.

Calibración.



# Introducción.

## ¿Qué se desea simular?



**TERMOPAR**

1. Simples y robustos en un amplio intervalo de temperatura.
2. Bajo costo.
3. Facilidad de medición.
4. Pequeños.
5. Excelente tiempo de respuesta.

$$S = \frac{dE}{dT}$$





## Calibrador Multifunciones de la serie Fluke 5500.

- ✓ Funciones de temperatura con termopares y RTD.
- ✓ Usados ampliamente dentro del Sistema Metrológico Nacional.
- ✓ Robustos .
- ✓ Puede calibrar una serie de instrumentos de baja exactitud.



# Introducción

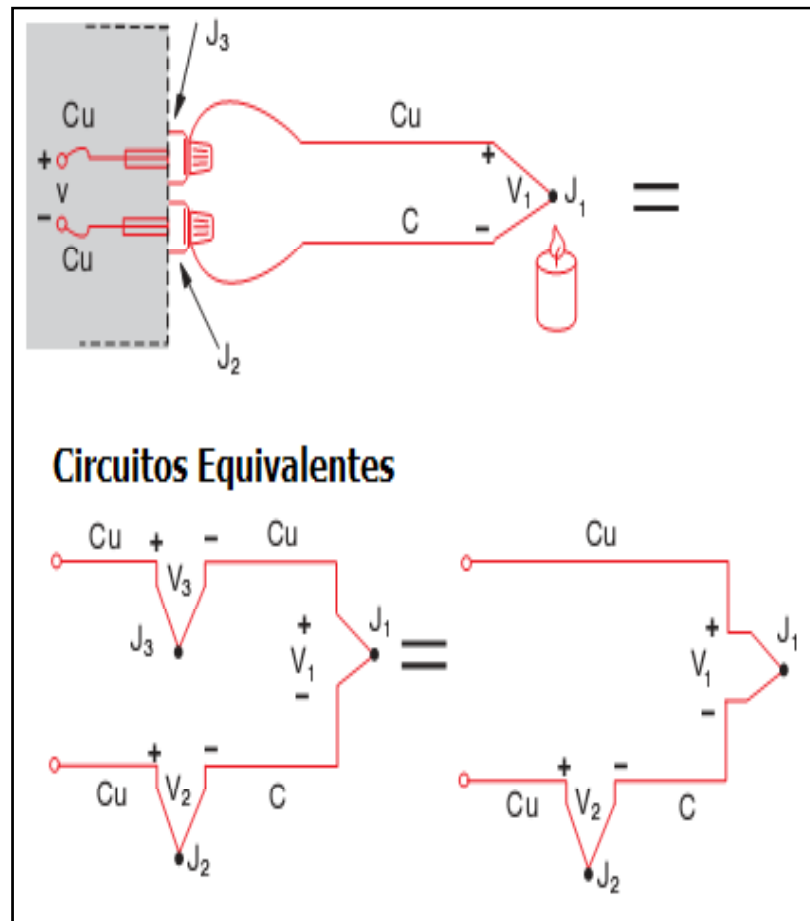
## Medición de temperatura con un Termopar

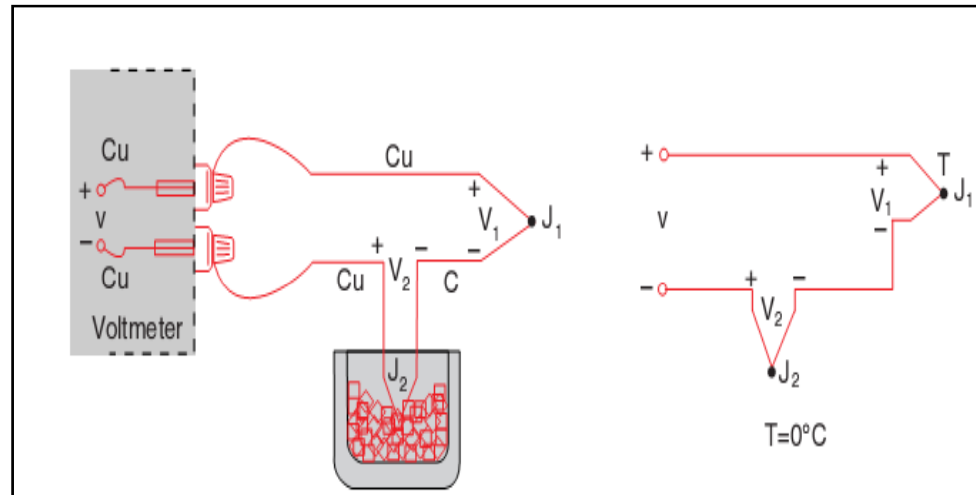
✓ La temperatura no puede ser medida directamente en el voltmetro.

✓ Se forma un par de nuevas uniones termoeléctricas.

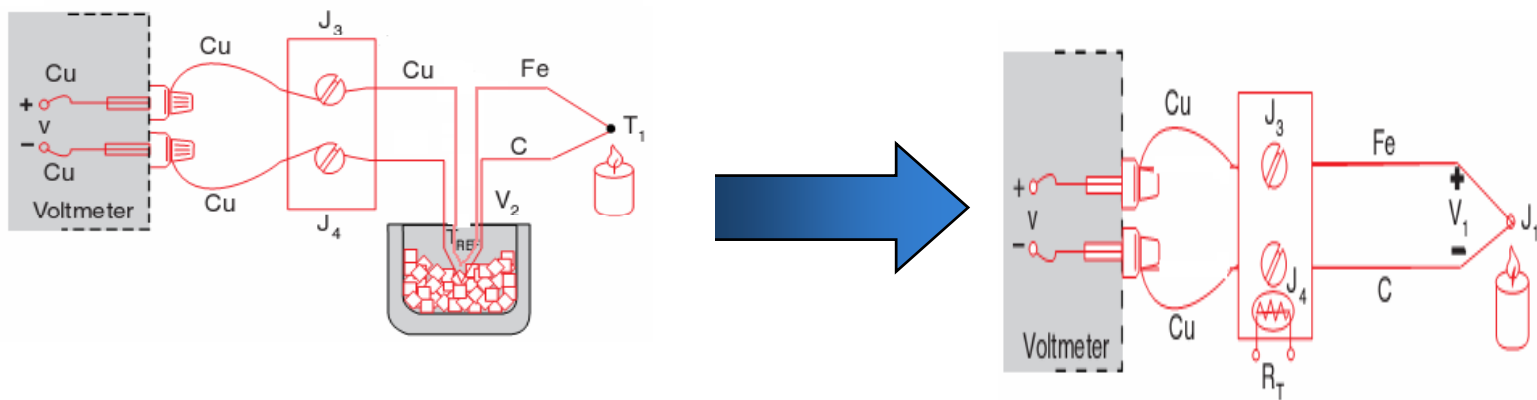
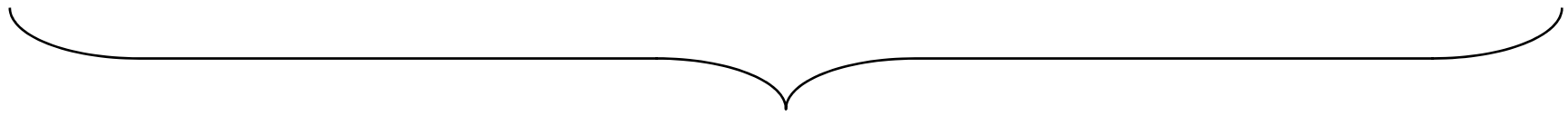
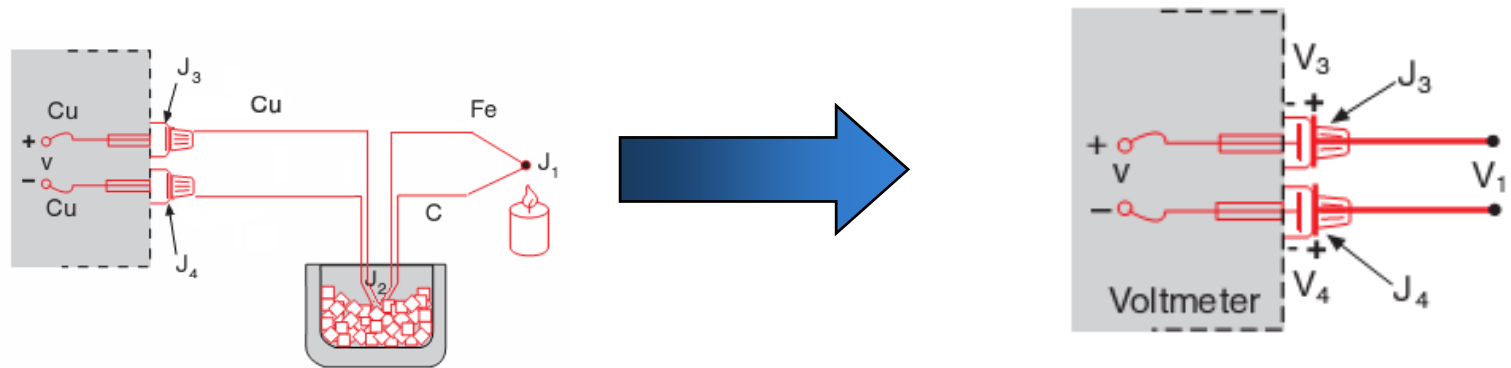
✓ La lectura del voltmetro será proporcional a la diferencia de temperaturas entre  $J_1$  y  $J_2$ .

✓ Implica que para conocer la temperatura de  $J_1$  se debe conocer la temperatura de  $J_2$





- ✓ Se emplea una Temperatura de referencia, como lo es el punto del hielo.
- ✓ La medición de tensión será referenciada a la temperatura de la unión de referencia.



# Principio de Operación del Calibrador Multifunciones

## CONFIGURACION DE UN CALIBRADOR MULTIFUNCIÓN:



Indicación de la salida en Volts

Ingresa a los Menús y opciones disponibles para termopares

Permite elegir entre RTD y Termopar

Para elegir el tipo de Termopar a generar

# Principio de Operación del Calibrador Multifunciones

## CONFIGURACION DE UN CALIBRADOR MULTIFUNCIÓN:



Permite  
cambiar  
entre °C y  
°F

Cambia  
entre  
referencia  
interna o  
externa

TEMPERATURA DE  
REFERENCIA

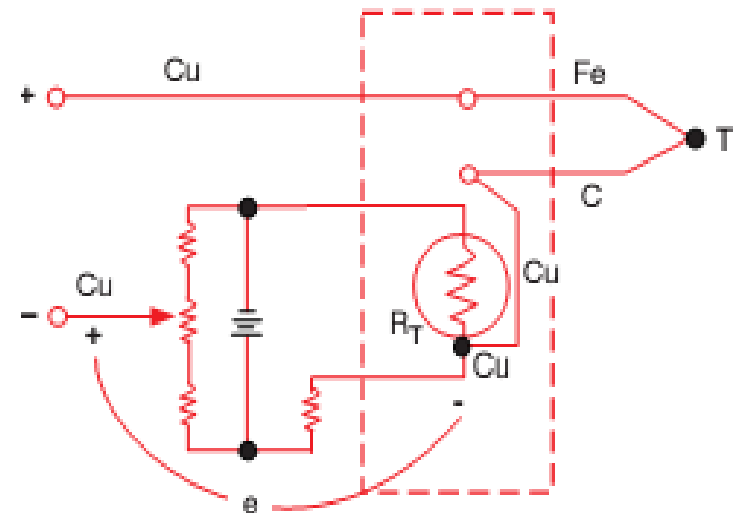
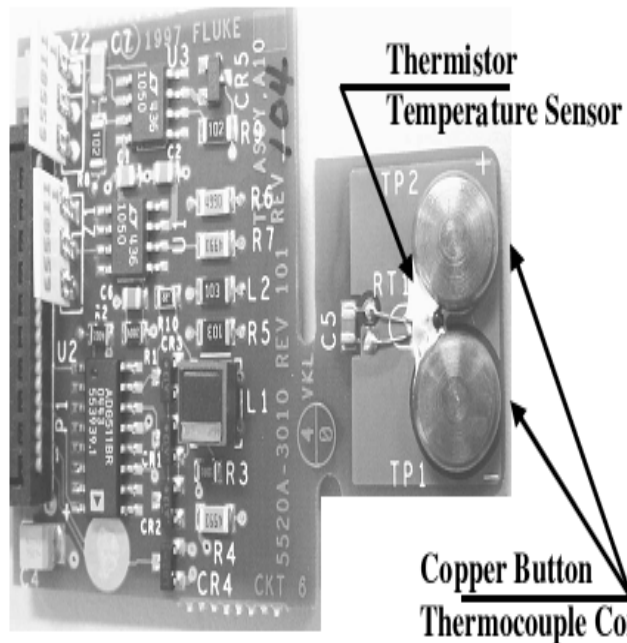
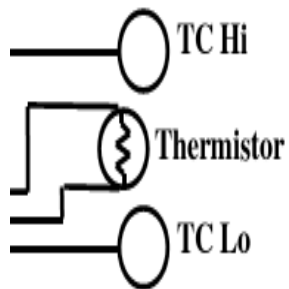


# Principio de Operación de un Indicador de Temperatura

¿Cómo compensa la temperatura de los bornes?

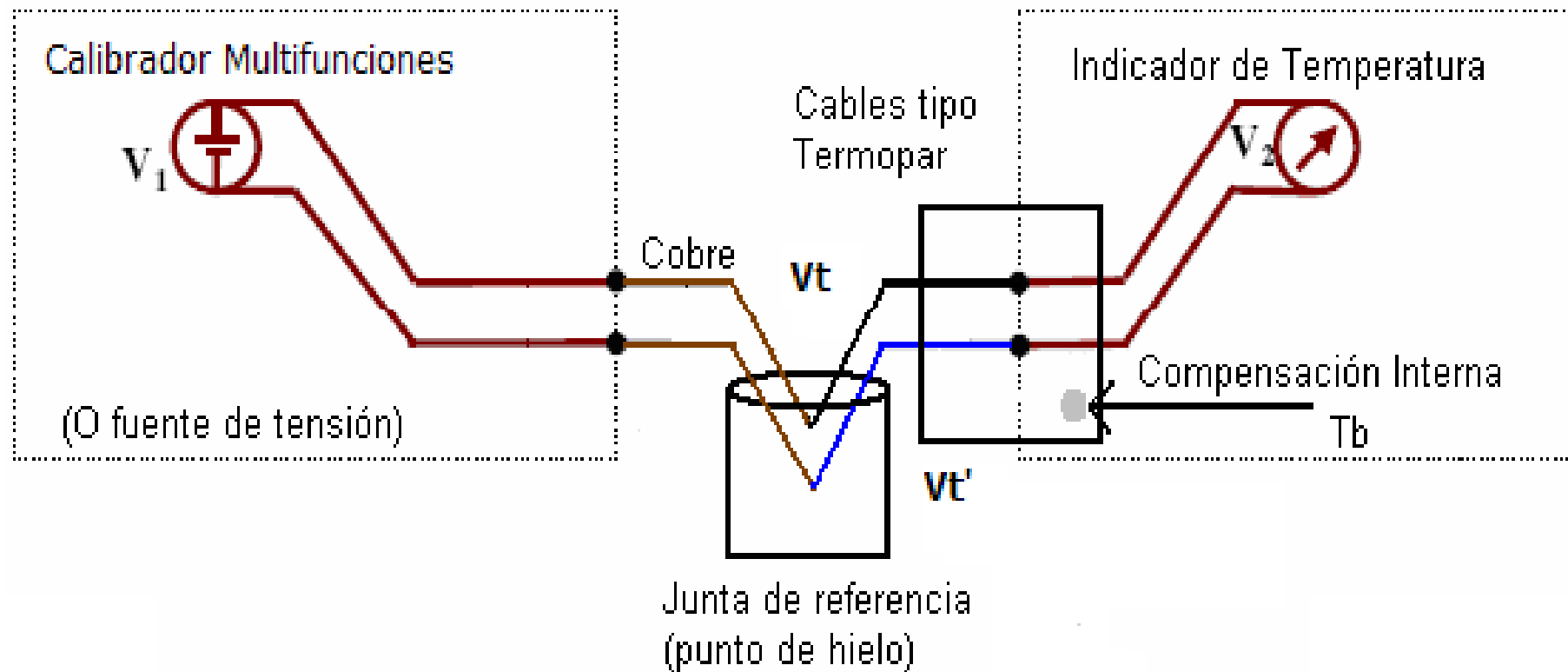
Midiendo temperatura y compensando por software

Midiendo temperatura y compensando por hardware



# Calibración de un Indicador de Temperatura

Método de calibración utilizando un bloque isotérmico independiente al calibrador.



# Calibración de un Indicador de Temperatura

---

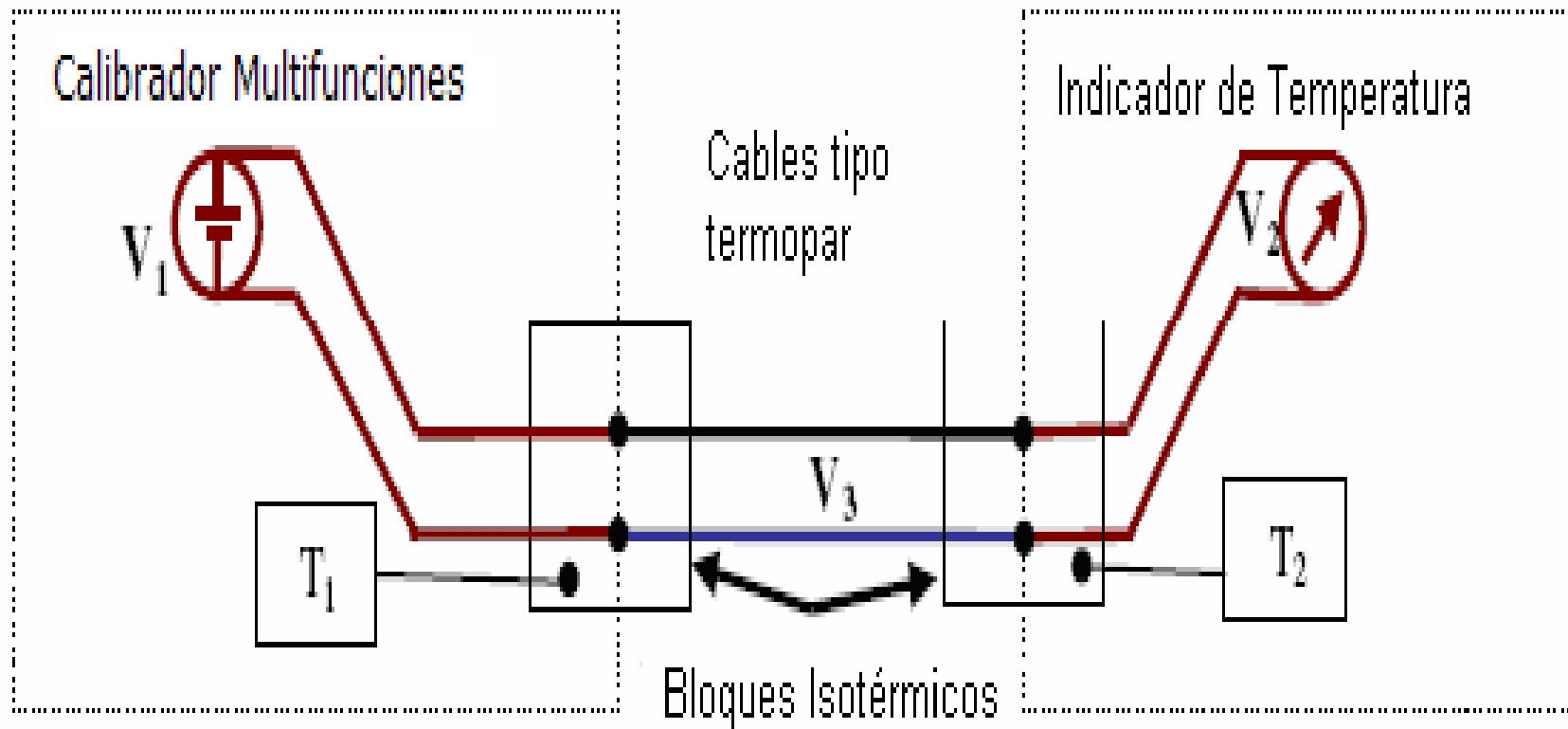
## Consideraciones:

- ✓ Cables tipo termopar calibrados en una temperatura cercana a la del ambiente del laboratorio.
- ✓ El calibrador debe estar calibrado sin la compensación activada.
- ✓ Preparación de hielo especializado.
- ✓ Incertidumbre por la reproducción del punto de hielo.
- ✓ Incertidumbre por la no homogeneidad del cable tipo termopar



# Calibración de un Indicador de Temperatura

Método de calibración utilizando un bloque isotérmico interno del calibrador.



# Calibración de un Indicador de Temperatura

---

Consideraciones:

## ✓ **USO DE CABLE TIPO TERMOPAR.**

- ✓ Incertidumbre por uso del cable tipo termopar.
- ✓ El calibrador debe estar calibrado con la compensación activada.
- ✓ Usar cables de termopar de buena calidad.
- ✓ Evitar cambios físicos en el cable tipo termopar.



## Calibración de un Indicador de Temperatura

Consideraciones en el uso del cable tipo termopar:

- La incertidumbre por uso del cable depende directamente de la calidad del cable, esto es, tomando en cuenta las tolerancias marcadas por las normas y las diferencia de temperatura entre las terminales de los instrumentos.
- Debe garantizarse una diferencia de temperaturas pequeña entre el indicador bajo calibración y el calibrador multifunciones.



# Calibración de un Indicador de Temperatura

¿Porqué usar un cable tipo termopar en lugar de un cable de cobre?





# Calibración de un Indicador de Temperatura

¿Porqué usar un cable tipo termopar en lugar de un cable de cobre?



# Calibración de un Indicador de Temperatura

## Tabla de Resultados

Tensión de Referencia [mV]	Temperatura Equivalente [°C]	Temperatura Medida en el Indicador (Usando cables de Cobre)	Temperatura Medida en el Indicador (Usando cables de termopar)	Error usando cables de cobre [°C]	Error usando cables de termopar [°C]
0.000 0	0	1,2	-0,6	1,2	-0,6
21,848 1	400	401,2	399,1	1,2	-0,9
39,131 8	700	700,9	699,2	0,9	-0,8

## Interpretación de resultados del calibrador multifunciones.

Equivalencia entre °C y Volts.

- La “simulación” del calibrador trata de reproducir un termopar ideal en base a los polinomios característicos definidos en la ITS90 o ITS68.

Método de calibración de un indicador de temperatura con termopar.

- Dependerá directamente de los resultados reportados en el certificado del instrumento patrón. Y más importante deberán reproducirse las mismas configuraciones de operación para que la información contenida en este último sea aplicable a un servicio de calibración de un indicador de temperatura.

Considerará el error por el uso de la extensión tipo termopar, o en su caso se añadirá una componente por el uso de este cable en temperaturas muy cercanas.

# Incertidumbre

---

Las fuentes de incertidumbre más importantes para la calibración de un indicador son:

1. Incertidumbre por calibración del calibrador multifunciones.
2. Incertidumbre por estabilidad del calibrador multifunciones.
3. Incertidumbre por dispersión en las mediciones del Indicador de temperatura.
4. Incertidumbre por resolución del Indicador de temperatura.
5. Incertidumbre por el uso del cable tipo **termopar** o bien por la calibración de este.
6. Incertidumbre por la fabricación del punto de hielo (Cuando Aplique)



# Trazabilidad

---

Propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón tal que puede ser relacionado a referencias determinadas usualmente patrones nacionales o internacionales a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas incertidumbres determinadas.



Encuentro Nacional de  
Metrología Eléctrica 2009  
18-20 de noviembre

↪ Electromagnetismo  
↪ Temperatura y  
Propiedades Termofísicas  
↪ Tiempo y Frecuencia



# Trazabilidad

## Calibración en conjunto

Transductor  
+  
Electrónica

Trazabilidad

Valores de patrones en  
temperatura

## Calibración por separado

Transductor

Trazabilidad

Valores de patrones en  
temperatura

Electrónica  
(Indicadores)

Trazabilidad

Valores de patrones en  
magnitudes eléctricas (Volt)

# Trazabilidad

Calibración por separado



# Conclusiones

---

- Al utilizar el método de calibración que involucre la reproducción del punto del hielo se deben calibrar los cables tipo termopar.
- Se debe evaluar la componente de incertidumbre por el uso del termopar en la calibración de indicadores de temperatura, ya que este está completamente relacionado con la calidad del cable.
- Se verificó el impacto que tiene el no usar cable tipo termopar en una calibración de un indicador de temperatura.
- Las mediciones del indicador son trazables a patrones de magnitudes eléctricas cuando se utilice un calibrador multifunciones como patrón.
- Las mediciones del indicador son trazables a patrones de temperatura cuando se utilice en conjunto con un sensor tipo termopar calibrado y se combinen sus errores.



PUBLICACIÓN TÉCNICA  
CNM-MME-PT-002  
Área de Metrología Eléctrica  
**SIMULACIÓN ELÉCTRICA DE TERMOPARES**

Marco Antonio Rodríguez Guerrero  
David Licea Panduro  
Carlos David Avilés Castro



Encuentro Nacional de  
Metrología Eléctrica 2009  
18-20 de noviembre

↔ Electromagnetismo  
↔ Temperatura y  
Propiedades Termofísicas  
↔ Tiempo y Frecuencia



---

## Referencias

- [1] EC/GM/11.02 Guidelines on the calibration of temperature indicators and simulators by electrical simulation and measurement, Abril 2006.
- [2] Temperature-Electromotive Force Reference Functions and Tables for the Letter-Designated Thermocouple Types Based on the ITS-90. NIST. Monograph 175; 1993
- [3] ASTM Designation: E563-97, Standard practice for preparation and use of an Ice – point bath as a reference temperature. 1998.
- [4] ASTM Designation: E230-03, Standard Specification and Temperature-Electromotive Force (EMF) Tables for Standardized Thermocouples.



**Encuentro Nacional de  
Metrología Eléctrica 2009**  
**18-20 de noviembre**

- ↪ Electromagnetismo
- ↪ Temperatura y Propiedades Termofísicas
- ↪ Tiempo y Frecuencia



GRACIAS.

CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, CENAM,  
DERECHOS RESERVADOS 2009