



Evaluación de la incertidumbre por inhomogeneidad en termopares tipo R y S

David Licea Panduro

Eléctrica / División Termometría

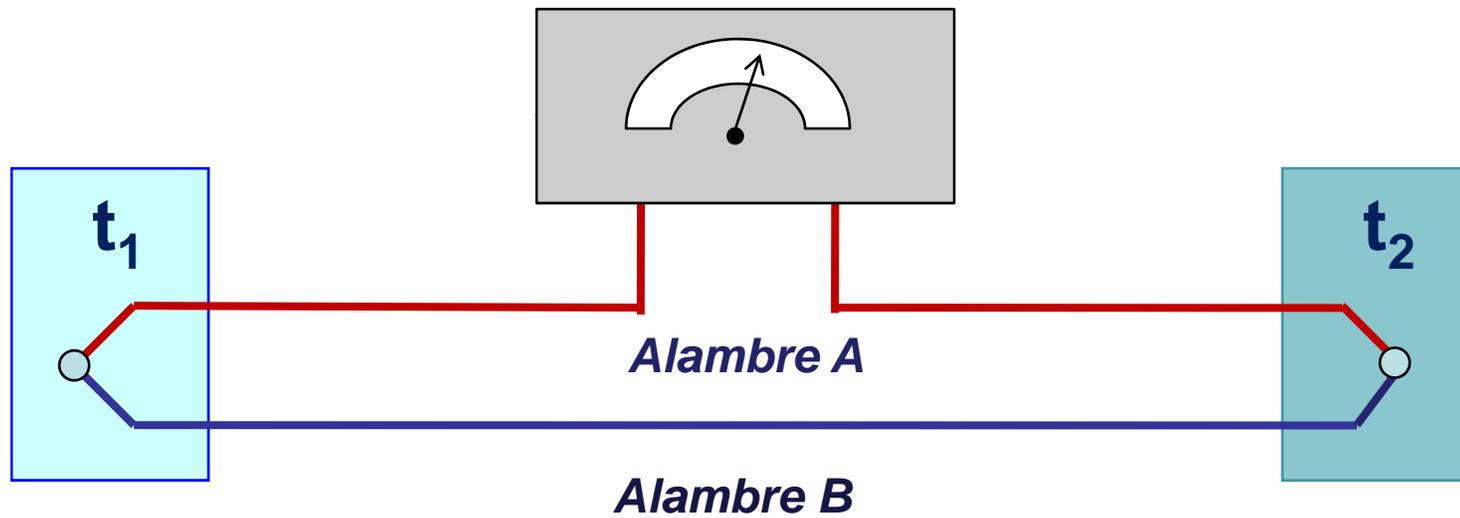
18 / noviembre / 2009

Evaluación de la incertidumbre por inhomogeneidad en termopares tipo R y S

Contenido

- El efecto Seebeck
- Configuración de un termopar
- Reglas prácticas de termoelectricidad
- Efectos inhomogeneidad en el coeficiente Seebeck
- Evaluación de la incertidumbre por inhomogeneidad
- Resultados usando distintos métodos
- Conclusiones

El efecto Seebeck



$$t_1 \neq t_2$$

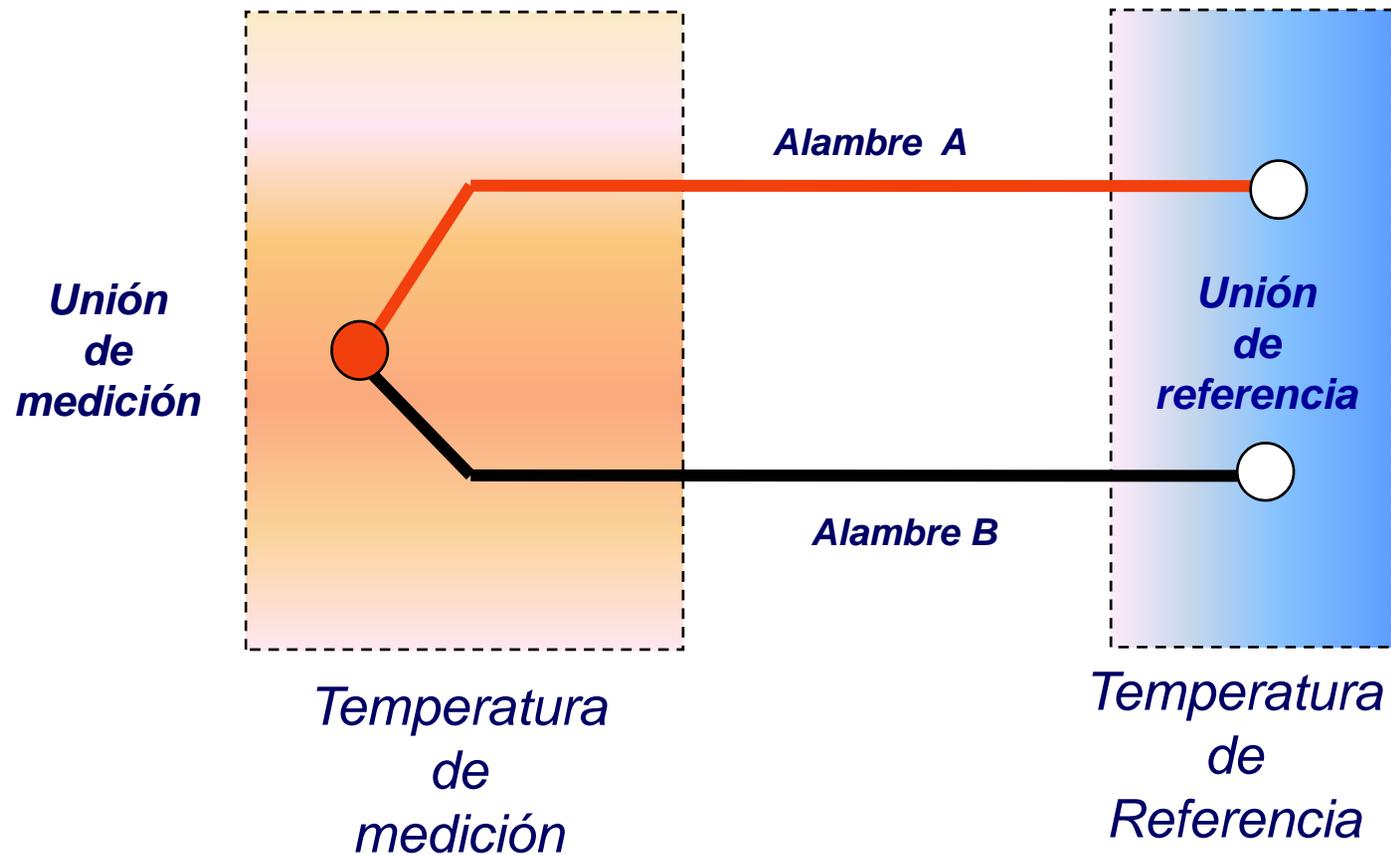
Coeficiente Seebeck: S

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

E = Tensión en μV

t = Temperatura en $^{\circ}\text{C}$ ó K

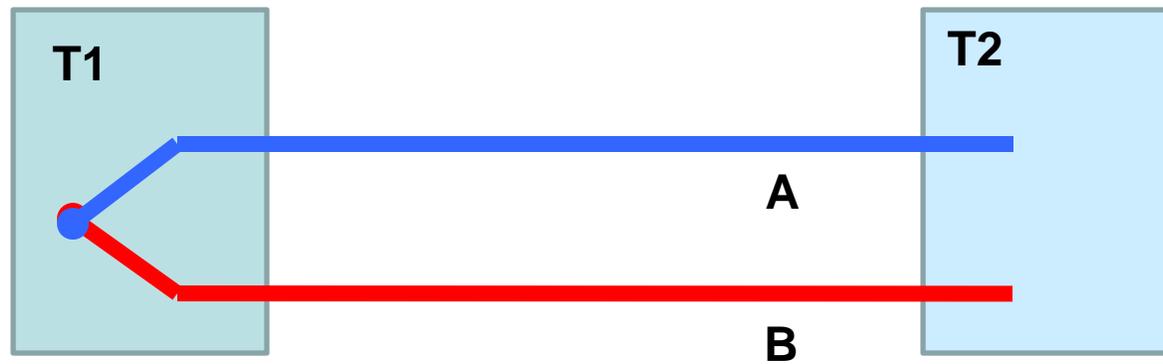
Configuración de un termopar



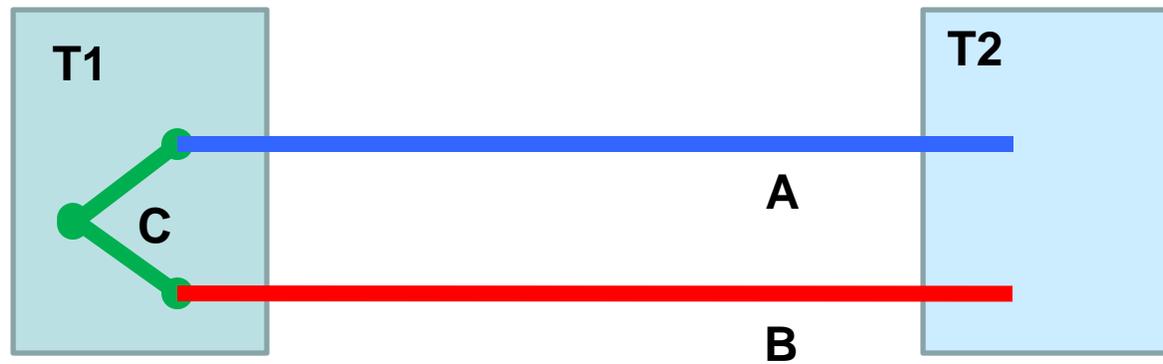
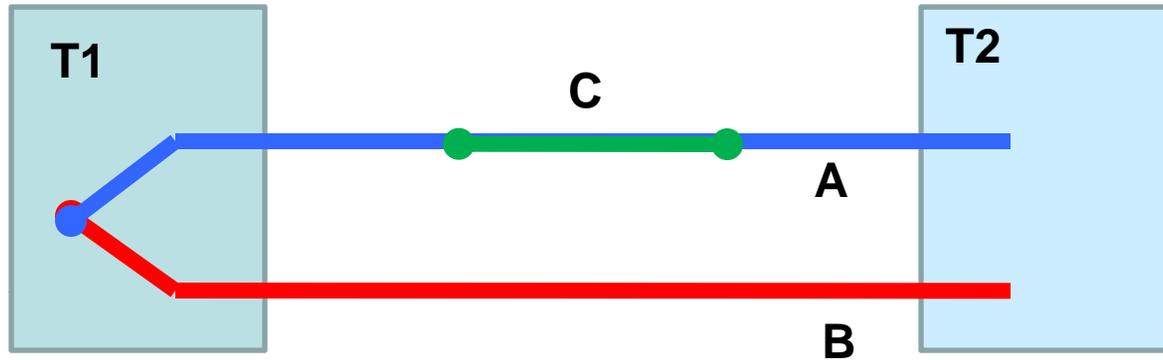
Reglas prácticas de termoelectricidad

- Circuitos homogéneos
- Metales intermedios
- Temperaturas Intermedias

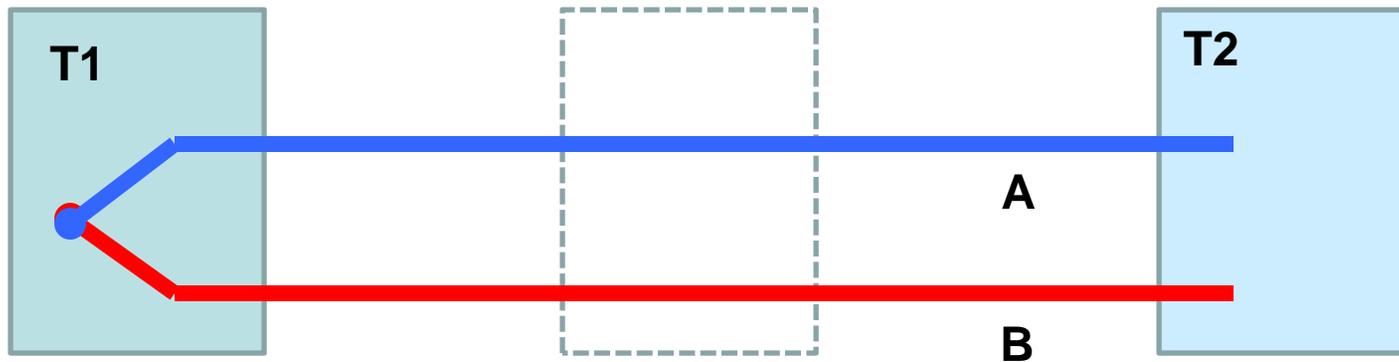
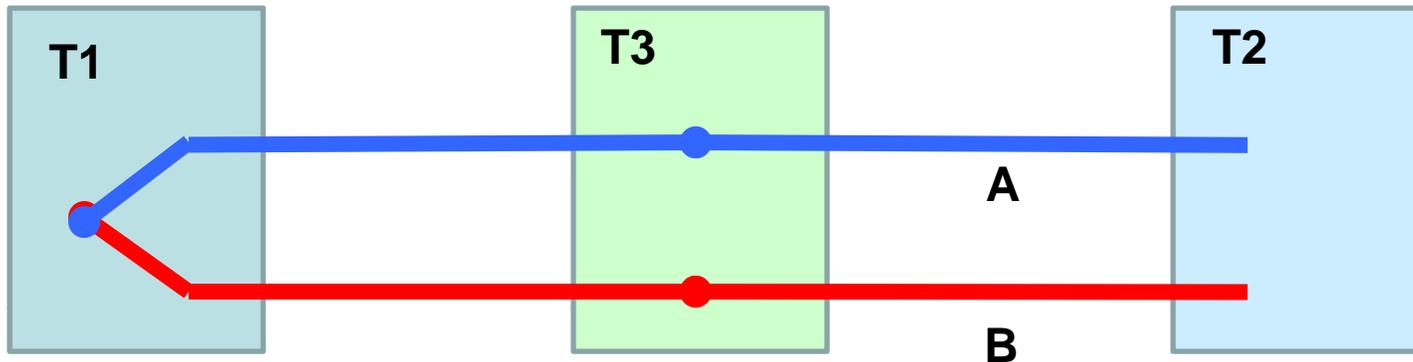
Circuitos homogéneos



Metales Intermedios



Temperaturas Intermedias



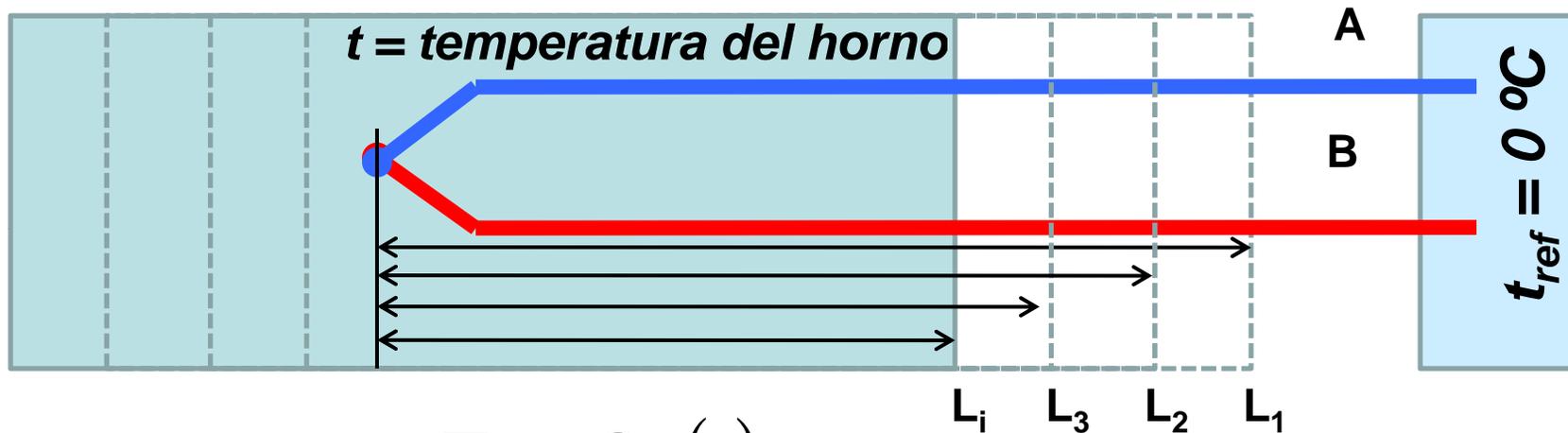
Efecto de la inhomogeneidad en el coeficiente Seebeck



$$E_1 = S_{L_1}(t - t_{ref})$$

Evaluación del efecto de la inhomogeneidad

- Medición a diferente inmersión



$$E_1 = S_{L_1}(t)$$

$$E_2 = S_{L_2}(t)$$

$$E_i = S_{L_i}(t)$$

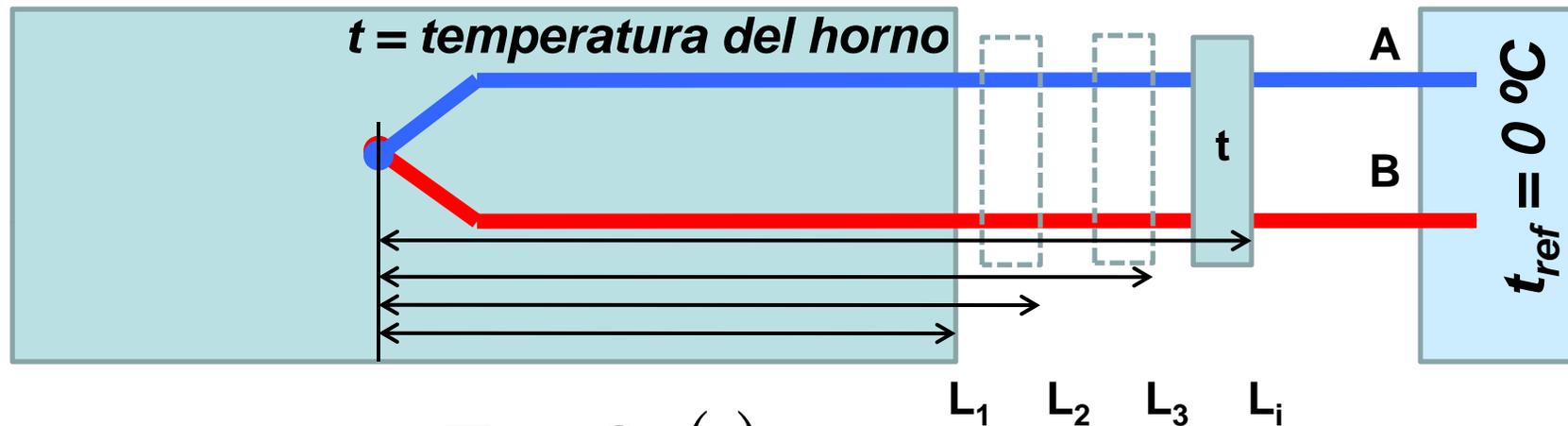
$$E_1 = E_2 = \dots = E_i$$

si

$$S_{L_1} = S_{L_2} = \dots = S_{L_i}$$

Evaluación del efecto de la inhomogeneidad

- Medición a inmersión fija con fuente externa de calor



$$E_1 = S_{L_1}(t)$$

$$E_2 = S_{L_2}(t)$$

$$E_i = S_{L_i}(t)$$

$$E_1 = E_2 = \dots = E_i$$

si

$$S_{L_1} = S_{L_2} = \dots = S_{L_i}$$

Montaje para la medición del efecto de la inhomogeneidad

Calefactor externo

- Potencia: 30 watts
- Temp. Max. 1000 °C



Evaluación de la incertidumbre por inhomogeneidad

Para ambos métodos se usa el siguiente modelo:

$$u_{incho} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (E_k - E_0)^2}$$

Donde:

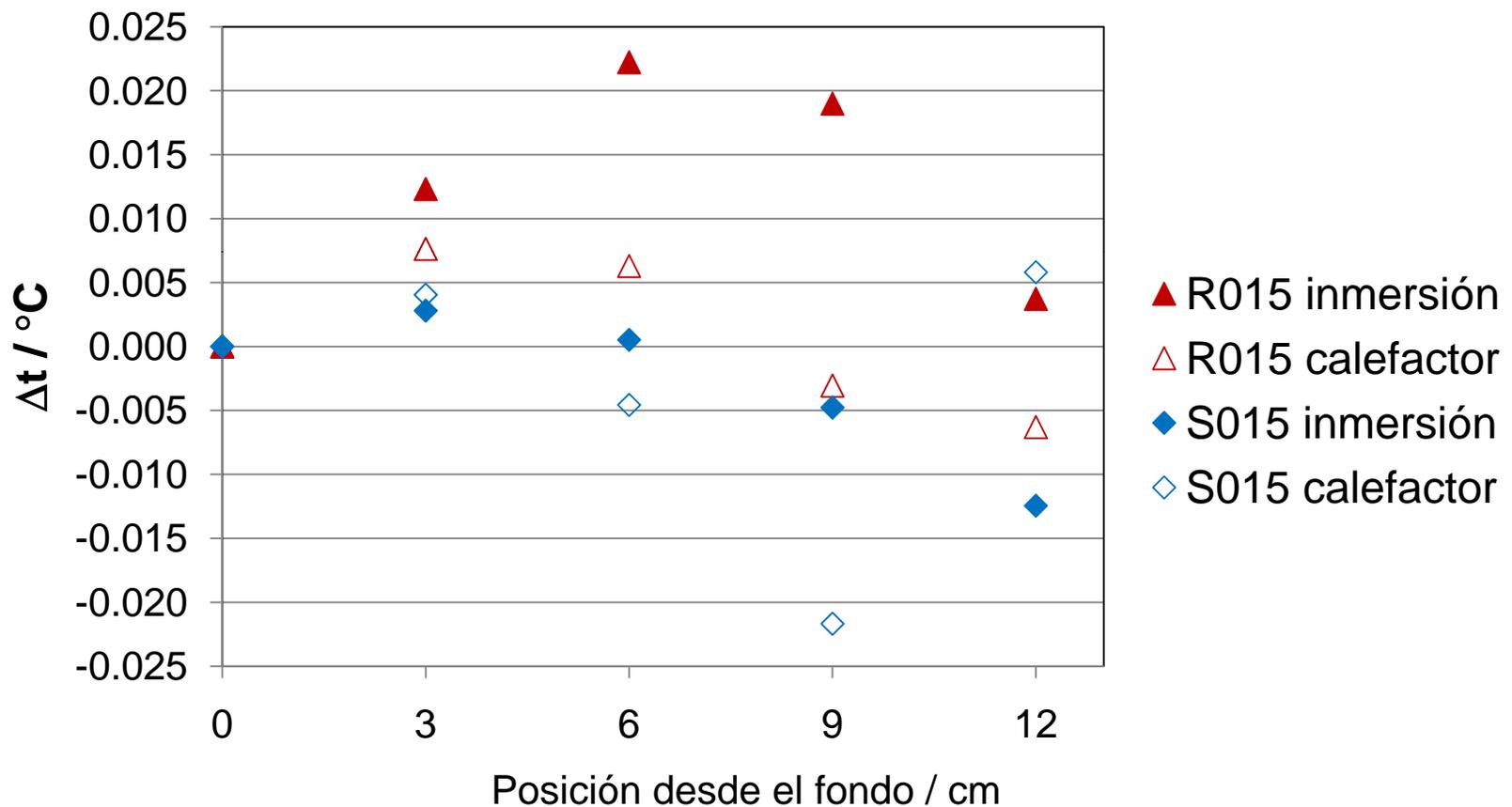
E_0 = valor en la posición inicial

E_k = valor correspondiente a la posición k

Incertidumbre por inhomogeneidad para distintos termopares *(Ref. NIST IR 5340)*

Temperatura (°C)	Incertidumbre por inhomogeneidad y deriva / °C			
	S	R	B	E, J, K, T y N
100	0,04	0,04	0,34	0,05
200	0,07	0,07	0,29	0,09
300	0,09	0,08	0,27	0,14
400	0,10	0,10	0,25	0,18
500	0,12	0,10	0,23	0,23
600	0,12	0,11	0,21	0,28
700	0,12	0,11	0,19	0,32
800	0,12	0,11	0,17	0,37
900	0,12	0,10	0,15	0,42
1000	0,11	0,09	0,13	0,46
1100	0,09	0,08	0,11	0,51

Resultados con dos termopares tipo R y S, en el punto fijo del zinc (419,527 °C)



Resultados con dos termopares tipo R y S, en el punto fijo del zinc (419,527 °C)

De acuerdo al modelo:

$$u_{incho} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (E_k - E_0)^2}$$

Incertidumbre estimada por inhomogeneidad / °C		
Método	Termopar R015	Termopar S015
Inmersión	0,016	0,007
Calefactor	0,006	0,012
Tablas (NIST)*	0,10	0,10

* incertidumbre por inhomogeneidad y deriva

Conclusiones

- los métodos presentados para medir el efecto de inhomogeneidad en los termopares son consistentes, sin embargo se considera más adecuado el método por cambios de inmersión
- El método del calefactor externo es recomendado cuando no se tiene un perfil vertical térmico uniforme, esto es cuando la calibración del termopar es por comparación.

Agradecimientos:

Silvia Martínez

Edgar Méndez

GRACIAS POR SU ATENCIÓN