



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

David Licea Panduro

Eléctrica / División Termometría

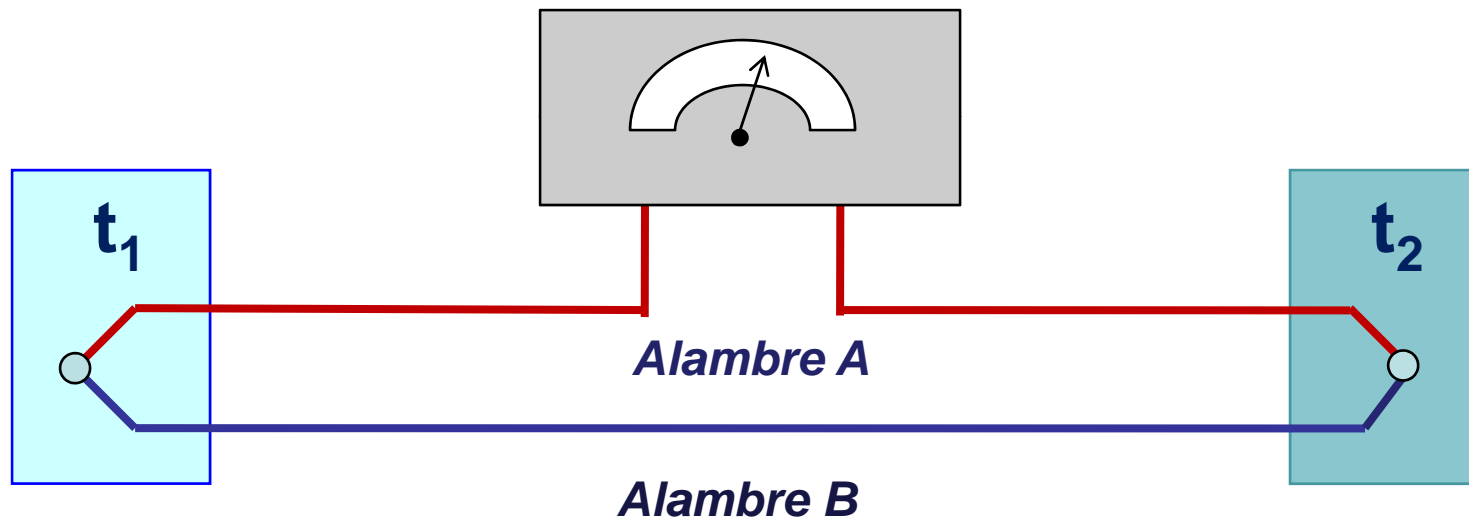
18 / noviembre / 2009

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



$$t_1 \neq t_2$$

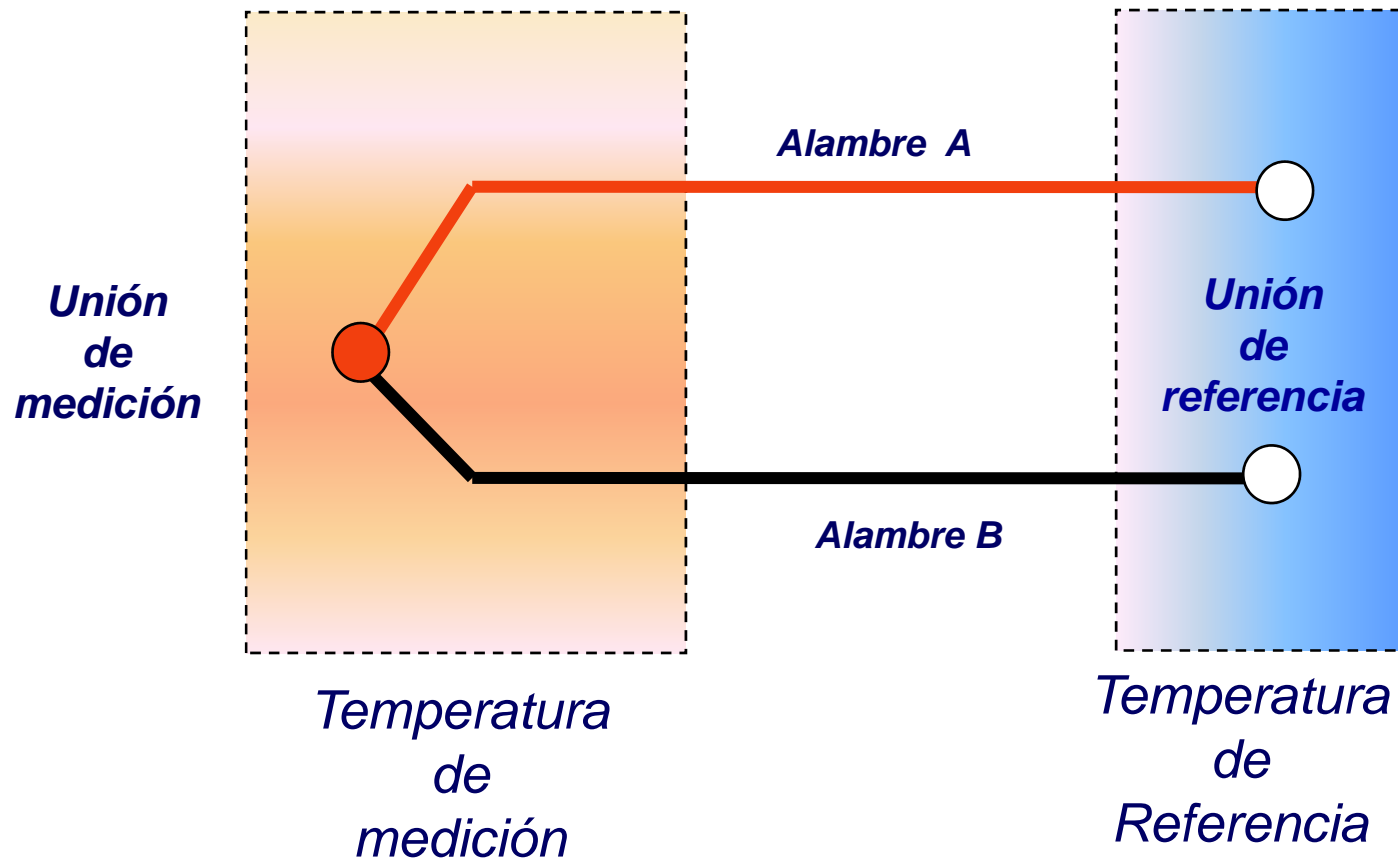
Coeficiente Seebeck: S

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

E = Tensión en μV

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

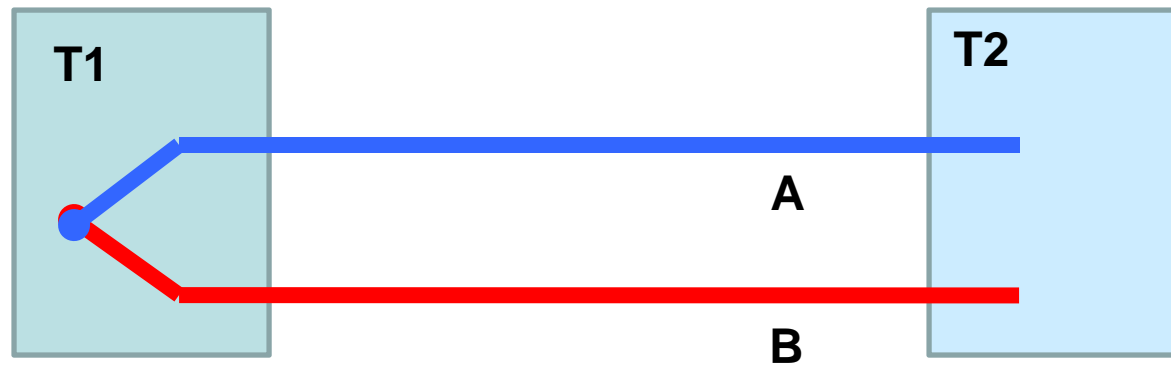
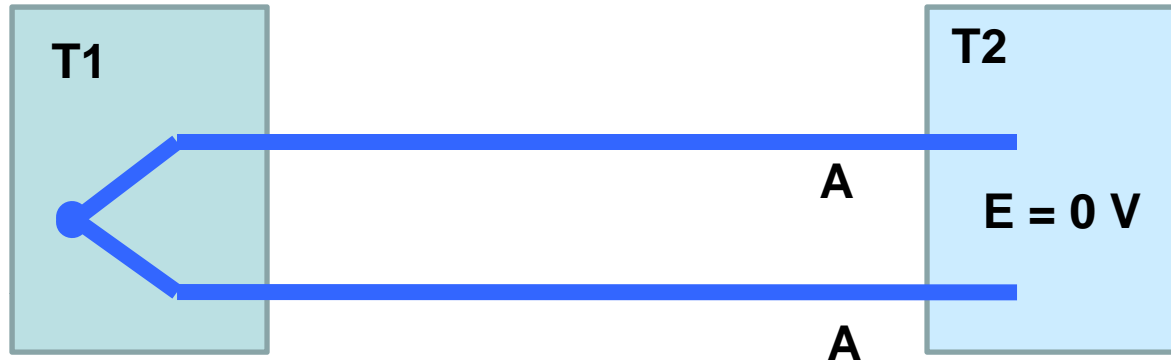
Configuración de un termopar



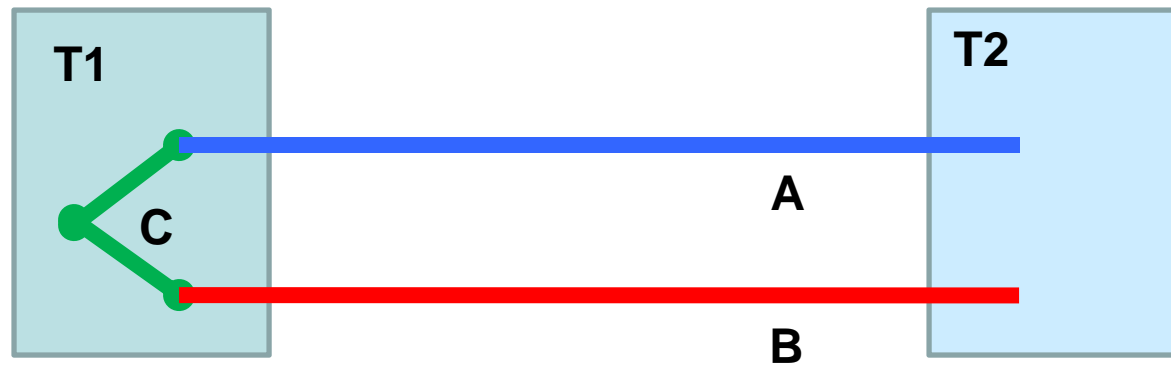
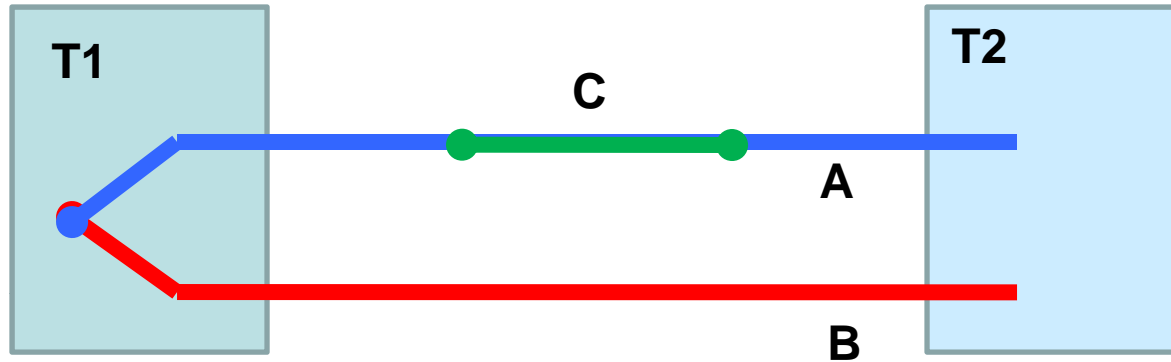
Reglas prácticas de termoelectricidad

- Circuitos homogéneos
- Metales intermedios
- Temperaturas Intermedias

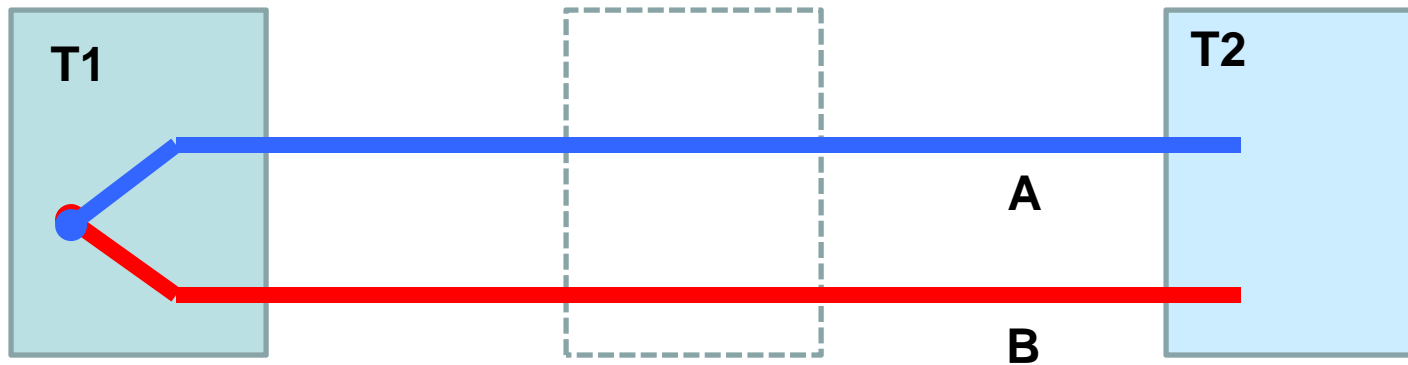
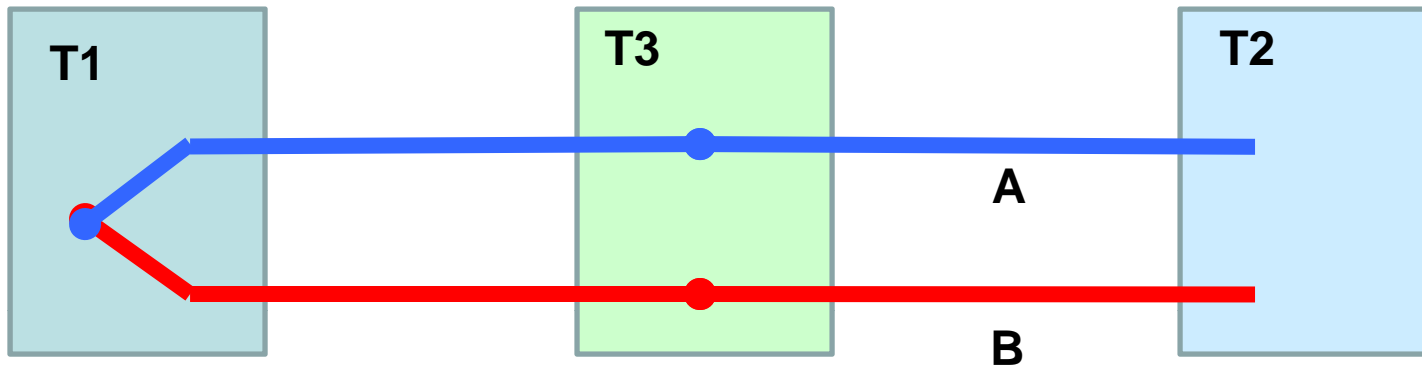
Circuitos homogéneos



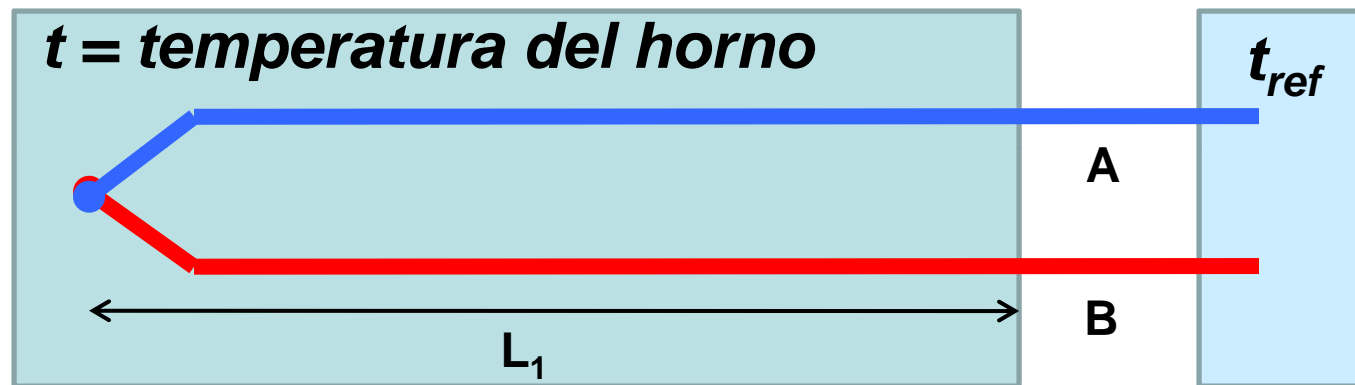
Metales Intermedios



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



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

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

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

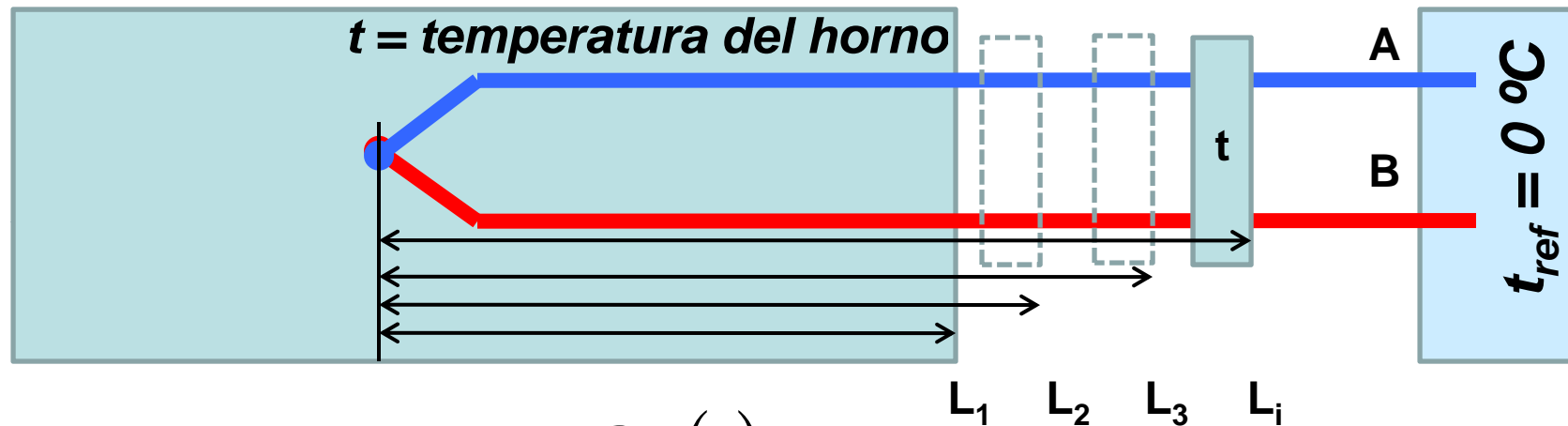
$$E_1 = E_2 = \dots = E_i$$

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:

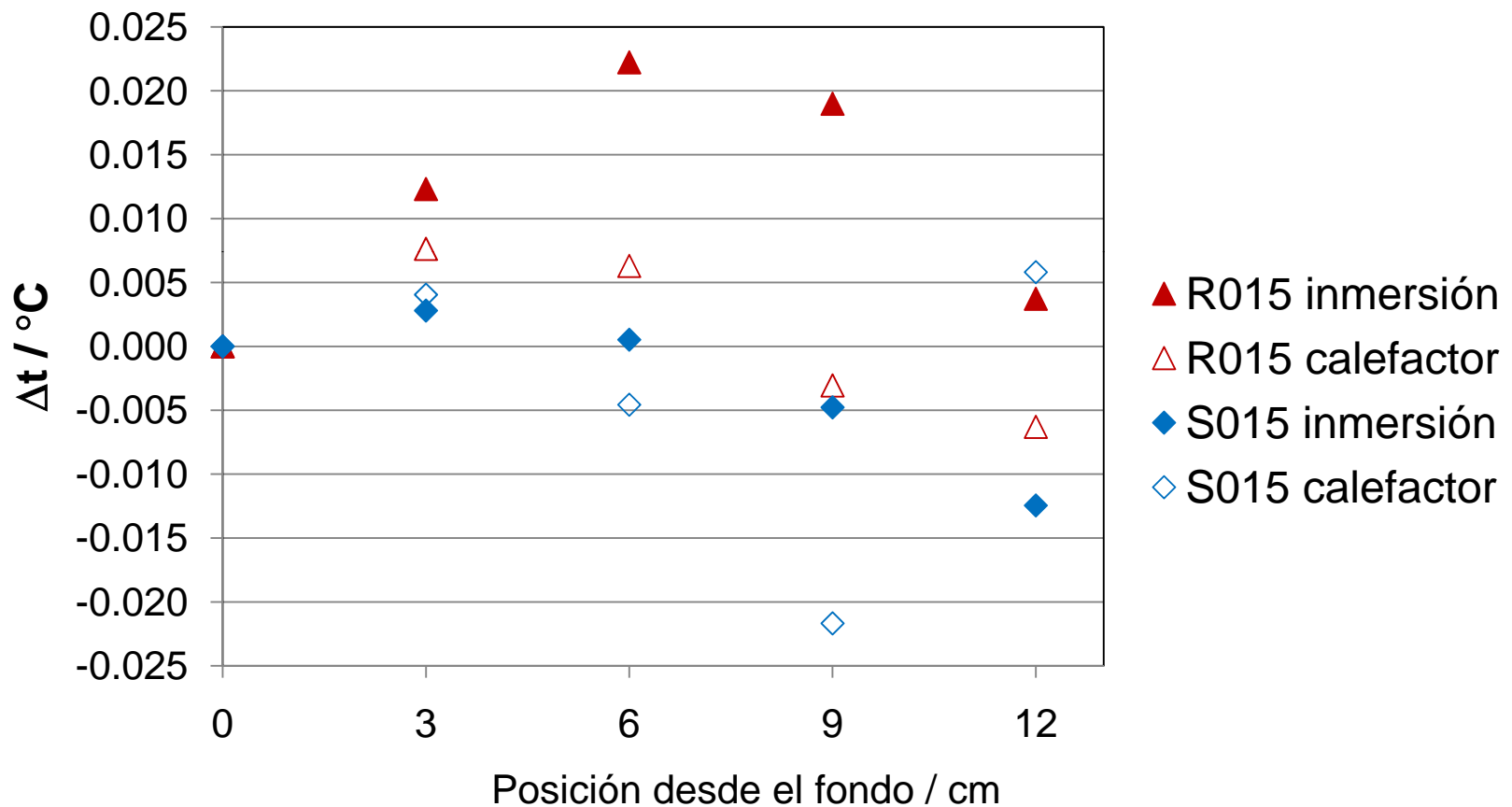
E_0 = valor en la posición inicial

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