



El punto de solidificación del cadmio en la calibración de termómetros de resistencia de platino industrial

David Licea Panduro

Eléctrica / División Termometría

18 / noviembre / 2009

El punto de solidificación del cadmio en la calibración de TRP tipo Industrial

Contenido

- Calibración de Termómetros de Resistencia de Platino (TRP)
- Intervalos de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT-90)
- Desviación de TRP respecto a la función de referencia de la EIT-90
- Inconsistencia en sub-intervalos
- El punto de solidificación del cadmio (PS Cd)
- Resultados de calibración en TRP tipo industrial
- Conclusiones

Calibración de Termómetros de Resistencia de Platino (TRP)

Métodos de calibración

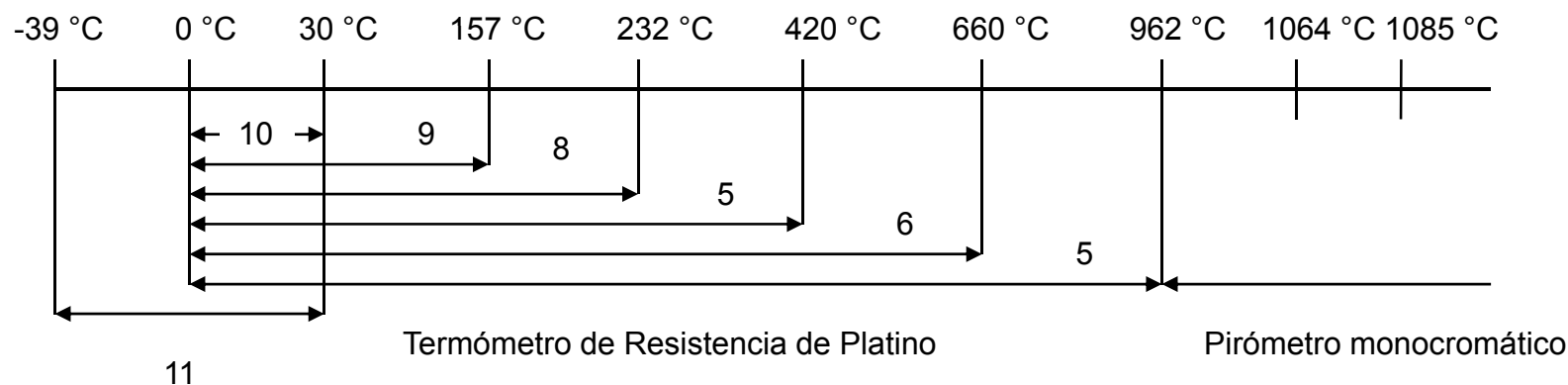
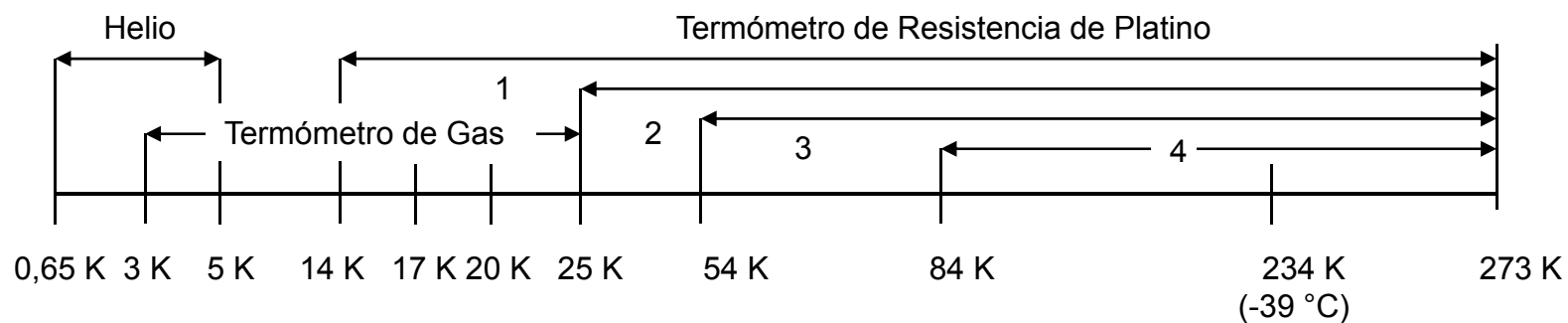
- Por Comparación (izquierda)
- Por Puntos fijos (derecha)



Comparación de métodos de calibración

	Comparación	Puntos fijos
Intervalo requerido	Usuario	EIT-90
Modelo de Interpolación	Callendar, EIT-90, otro	EIT-90
Condiciones del vástago	Casi ninguna	Celdas de Punto Fijo
Tiempo de estabilización	Largo (30 a 60 min)	Corto (5 a 10 min)
Incertidumbre	5mK a 20 mK	< 5 mK

Intervalos, sub-intervalos e instrumentos de definición de la EIT-90



Definición en el intervalo: -190 °C a 962 °C

- 9 puntos fijos
- Termómetro de resistencia de platino
- Funciones de referencia

$$W_r = W_r(t)$$

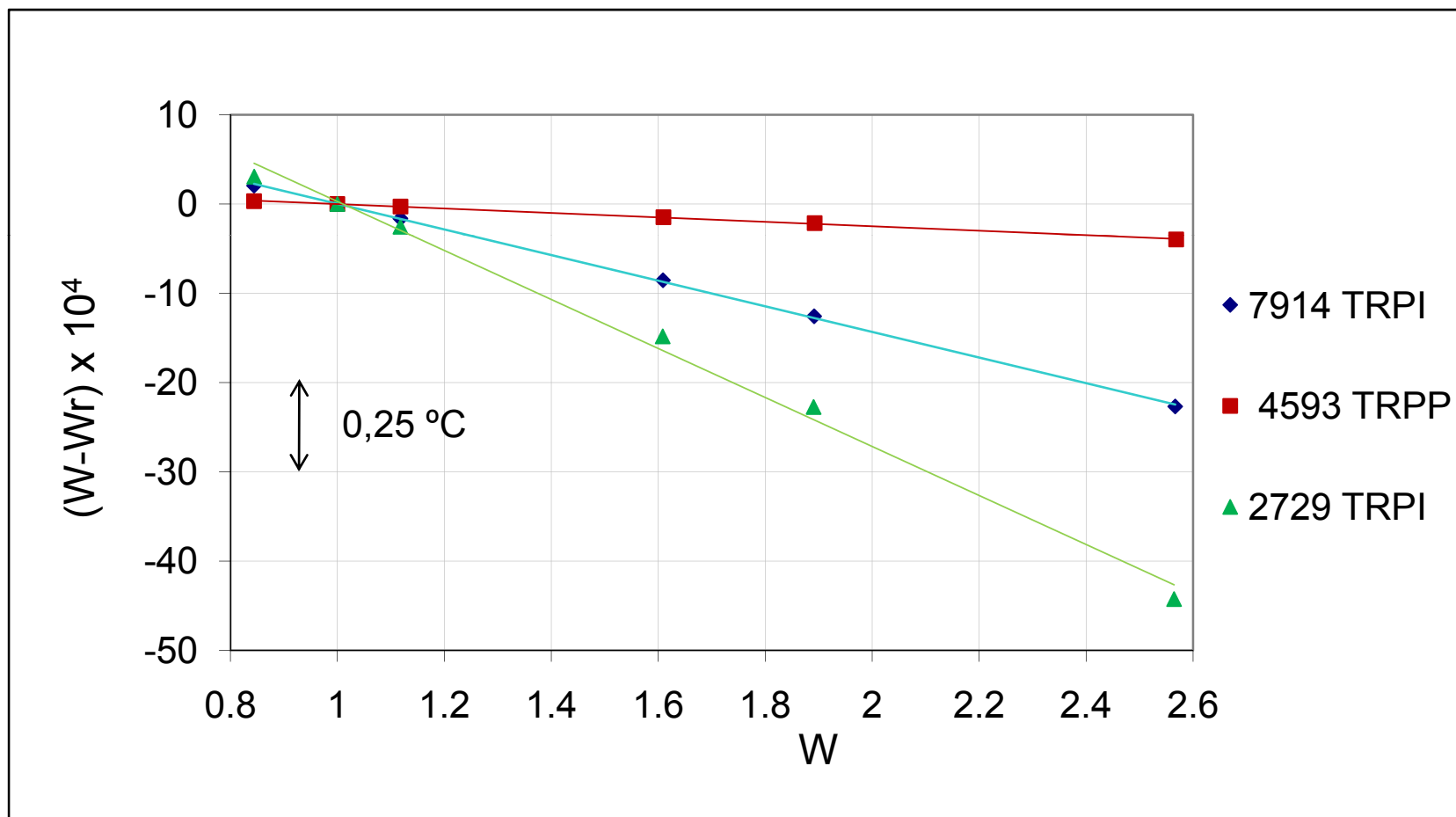
Las temperaturas son determinadas mediante una razón de resistencias, definiendo así la función W :

$$W = \frac{R_t}{R_0}$$

Puntos fijos definidos por la EIT-90 en el intervalo de -190 °C a 962 °C

Punto Fijo	T_{90}/K	$t_{90}/^{\circ}C$	W_r
PT Ar	83,8058	-189,3442	0,215 859 75
PT Hg	234,3156	-38,8344	0,844 142 11
PT H ₂ O	273,16	0,01	1,000 000 00
PF Ga	302,9146	29,7646	1,118 138 89
PS In	429,7485	156,5985	1,609 801 85
PS Sn	505,078	231,928	1,892 797 68
PS Zn	692,677	419,527	2,568 917 30
PS Al	933,473	660,323	3,376 008 60
PS Ag	1234,93	961,78	4,286 420 53

Desviación de TRP's respecto a la Función de Referencia de la EIT-90 (W_r)



Calibración de un TRP en el intervalo de 0 °C a 420 °C

- Ecuación de desviación

$$W - W_r = a(W - 1) + b(W - 1)^2$$

- Puntos de calibración
 - PT H₂O: 0,01 °C
 - PS Sn: 231,928 °C
 - PS Zn: 419,527 °C

Inconsistencia en sub-intervalos

- Descripción

Un intervalo contenido dentro de otro o un traslape entre estos, da lugar a una doble definición.

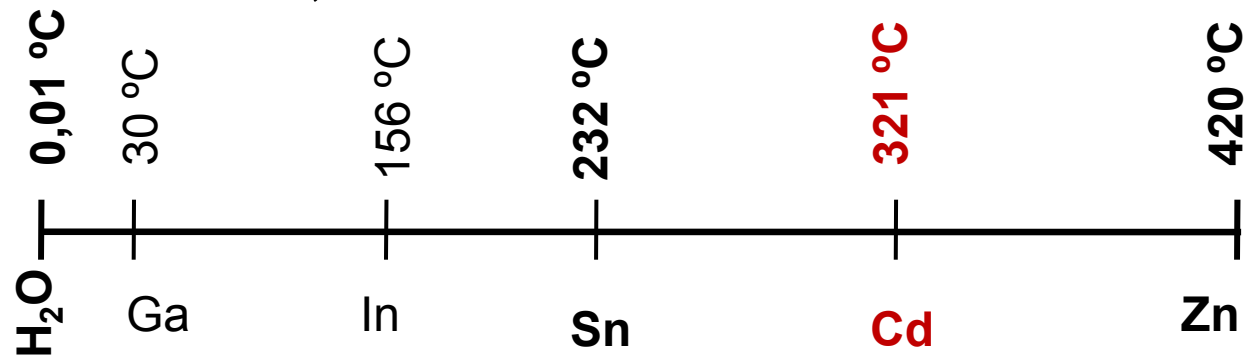
- Evaluación

Encontrar la diferencia entre ambas definiciones

Medición en puntos fijos adicionales

Intervalo de calibración: 0 °C a 420 °C

- Puntos fijos de calibración:
 - PT H₂O: 0,01 °C
 - PS Sn: 231,928 °C
 - PS Zn: 419,527 °C
- Puntos fijos adicionales
 - PF Ga: 29,7646 °C
 - PS In: 156,5985 °C



Punto de Solidificación del Cadmio (PS Cd)

- Temperatura : 321,069 °C
- Punto fijo secundario
- Incertidumbre de reproducibilidad:
similar al PS Sn
- Costo: inferior al estaño

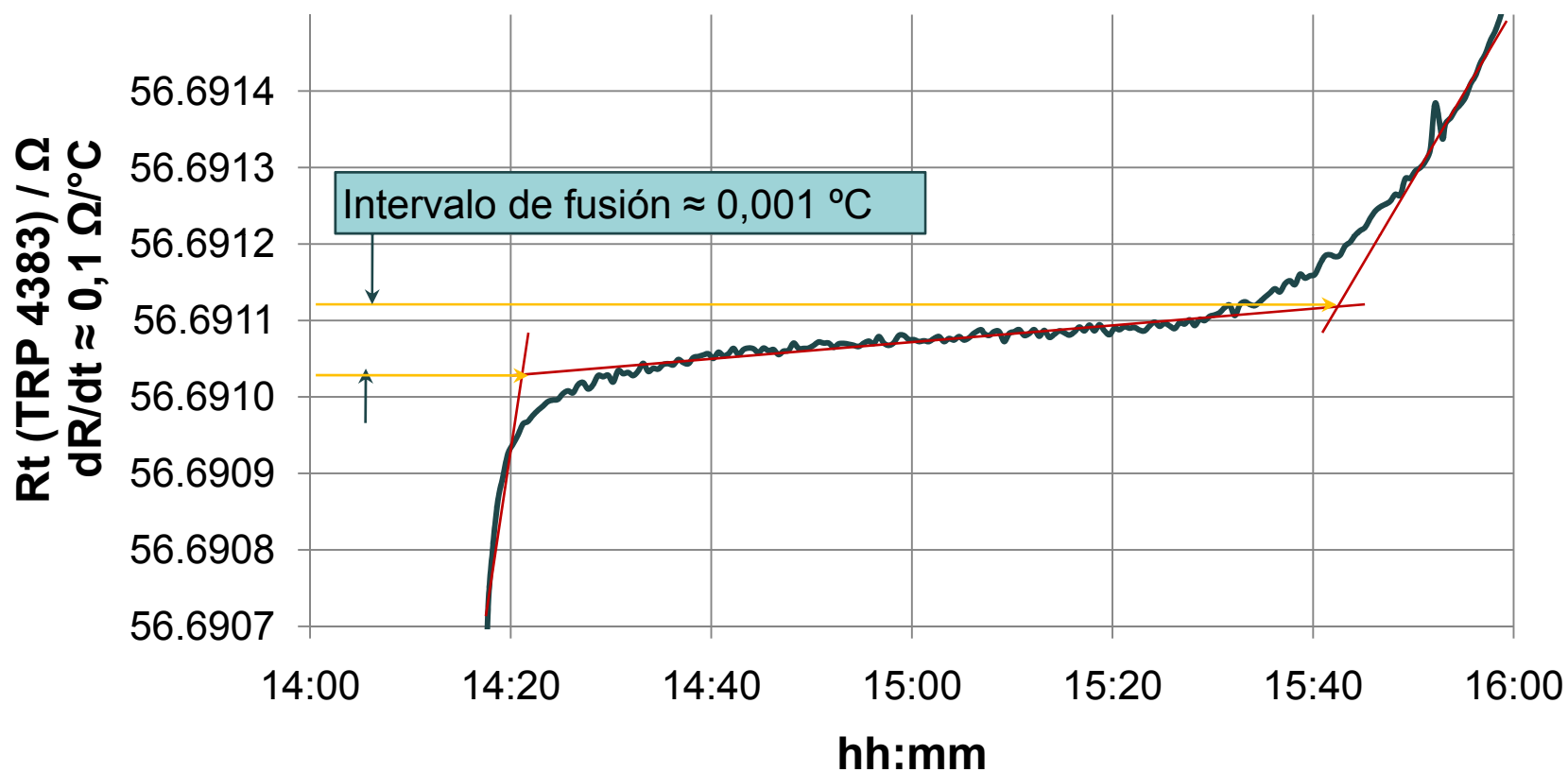
Construcción de la celda cadmio: Cd09-1

- PS Cd : 321,069 °C
- Pureza: 99,9999 %
- Contenido: 268 gramos



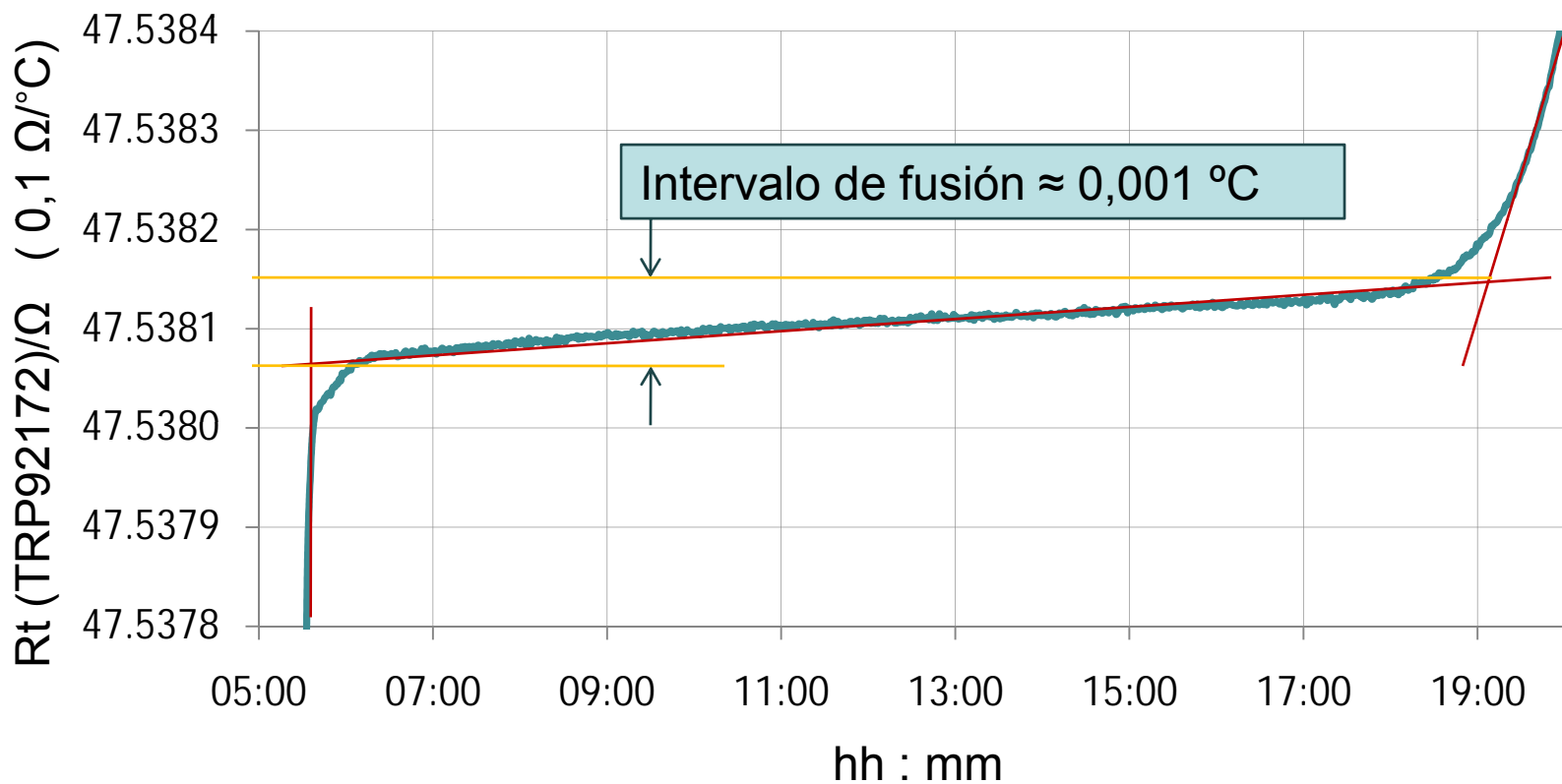
Determinación de intervalo de fusión

Curva de Fusión de Cadmio, celda: Cd09-1

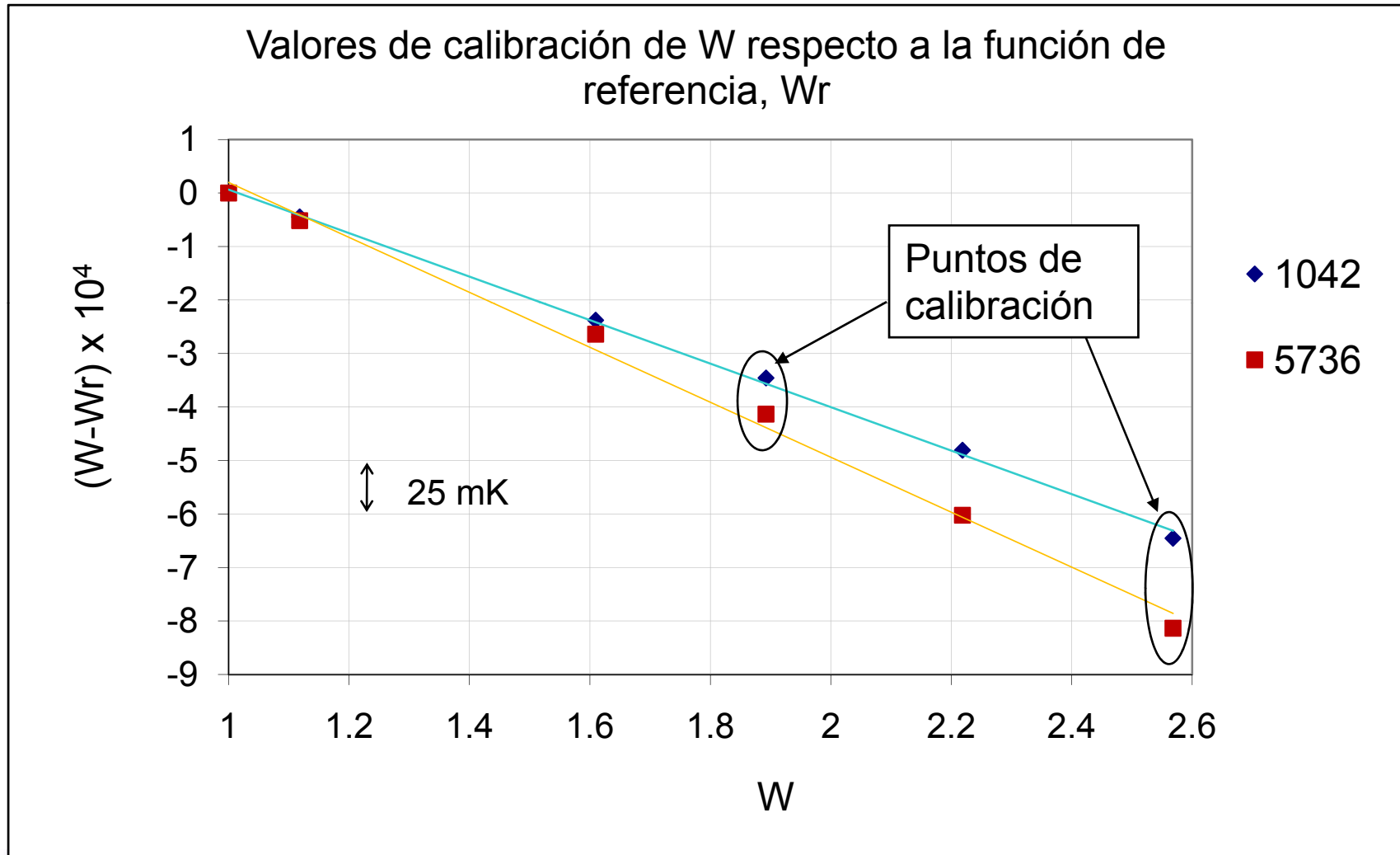


Determinación de intervalo de fusión

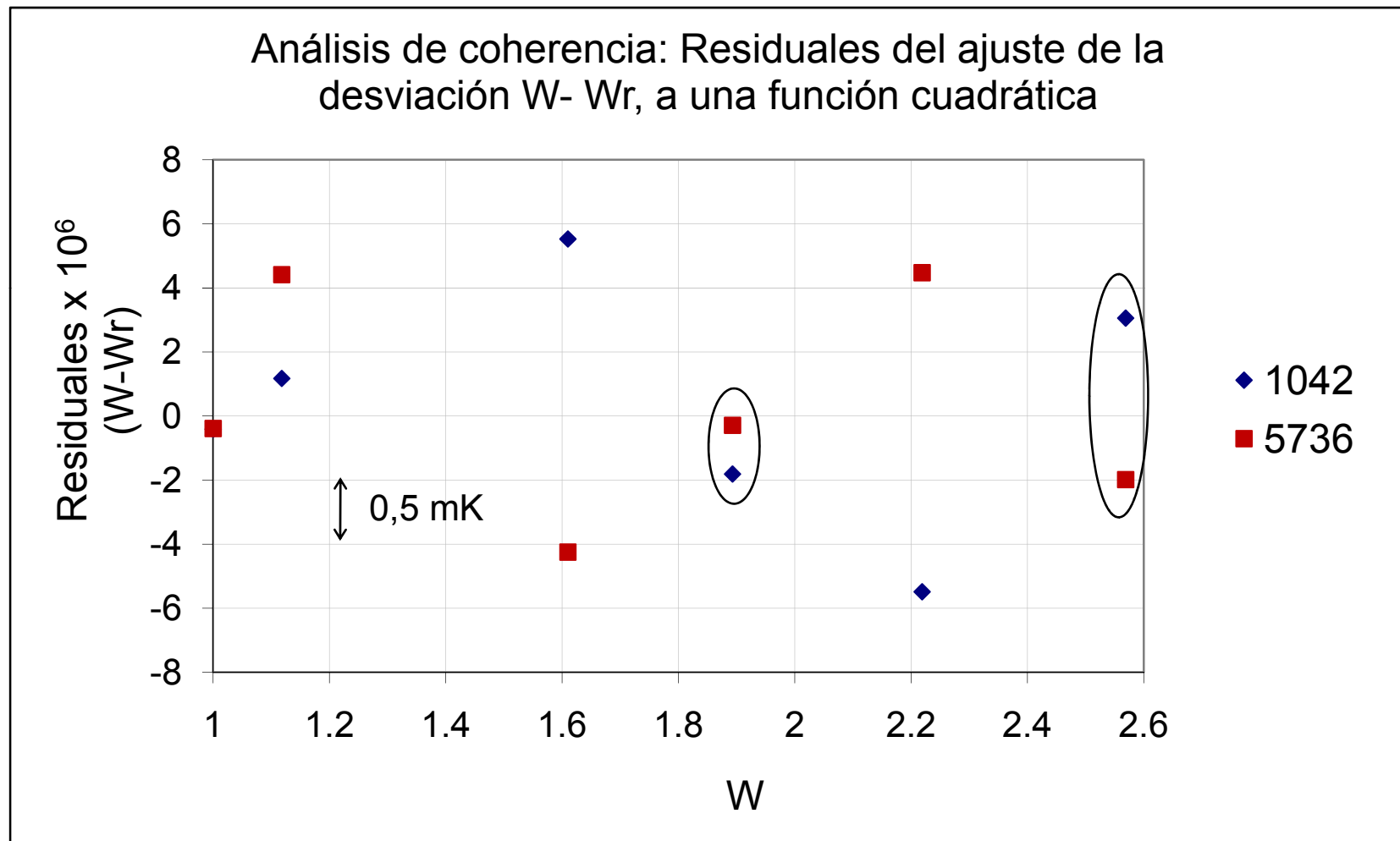
Curva de fusión Celda Sn93-2



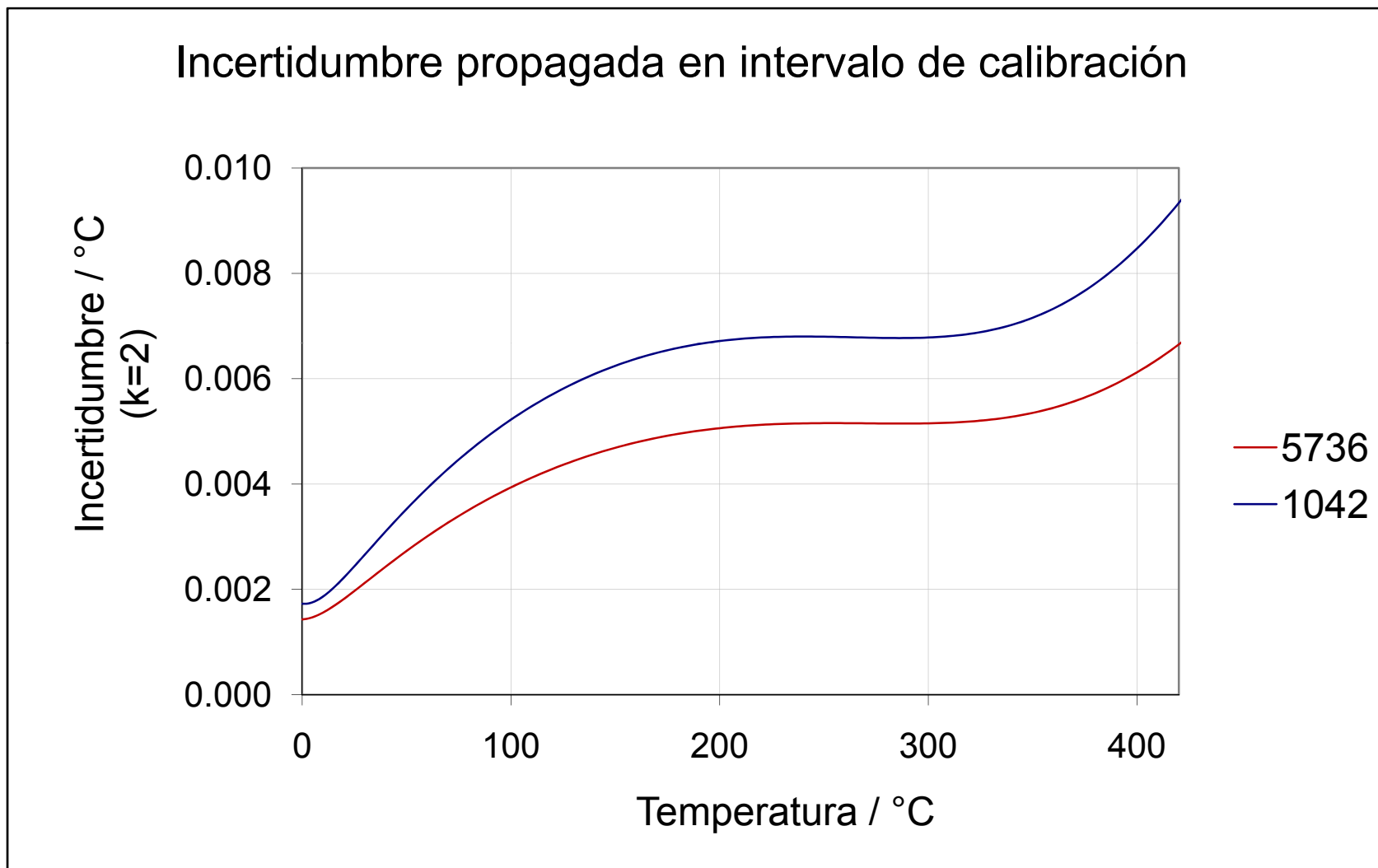
Resultados de calibración de dos TRPI



Resultados de calibración de dos TRPI



Resultados de calibración de dos TRPI



Resultados de calibración de dos TRPI

Evaluación del resultado de calibración en los puntos adicionales de medición		
Punto Fijo	1042 $(t_{\text{cal}} - t_{90})/^{\circ}\text{C}$	5736 $(t_{\text{cal}} - t_{90})/^{\circ}\text{C}$
PF Ga	-0,000 6	-0,001 1
PS In	-0,002 1	0,001 3
PS Cd	0,001 6	-0,001 3

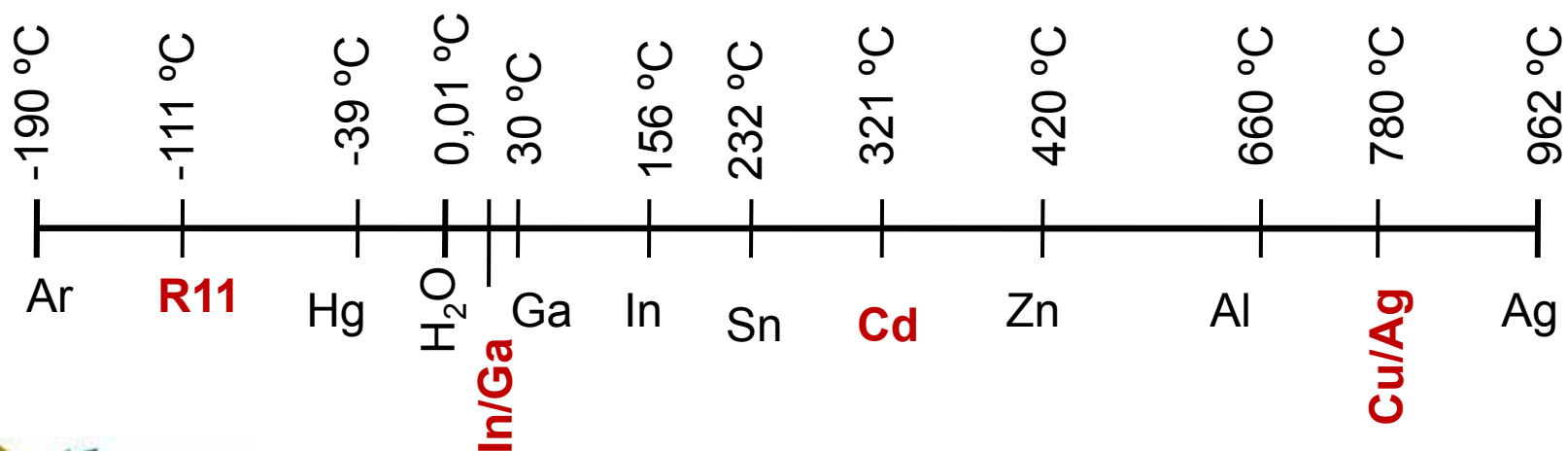
Conclusiones

- La celda de cadmio Cd09-1 reproduce la temperatura definida por la EIT-90 dentro de la incertidumbre típica (menor de 1 mK)
- La incertidumbre de calibración cubre la diferencia encontrada, de lo contrario es necesario considerar estas diferencia en el análisis de incertidumbre total
- Extender el uso de puntos fijos secundarios para intervalos de calibración mayores

Uso de puntos fijos secundarios

Para asegurar la trazabilidad de la aproximación a la EIT-90 se recomienda el uso de puntos fijos secundarios:

- Punto de triple del Refrigerante R11: -111 °C
- Punto de fusión del eutéctico In/Ga: 16 °C
- Punto de solidificación del cadmio: 321 °C
- Punto de fusión del eutéctico Cu/Ag: 780 °C



Agradecimientos:

Silvia Martínez Martínez

Edgar Méndez Lango

GRACIAS POR SU ATENCIÓN