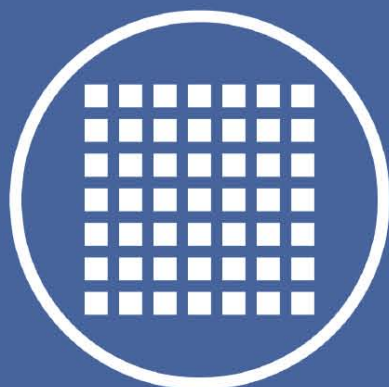


Copia No Controlada

Instituto Nacional  
de Tecnología Industrial

Centro de Desarrollo e Investigación  
en Física y Metrología



INTI

Procedimiento específico: PEC10

## **CALIBRACIÓN DE TERMÓMETROS DE LÍQUIDO EN VIDRIO**

Revisión: Marzo 2015

Este documento se ha elaborado con recursos del Instituto Nacional de Tecnología Industrial.  
Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

## PEC10 Lista de enmiendas: Marzo 2015

[illegible]

PEC10 Índice: Marzo 2015

NOMBRE DEL CAPÍTULO	REVISIÓN
Índice	Marzo 2015
Calibración de termómetros de líquido en vidrio	Marzo 2015

PREPARADO POR

  
FIRMA Y SELLO  
LIO. JAVIER GARCIA SKABAR  
COORD. U.T. CALOR  
FISICA Y METROLOGIA  
INTI

REVISADO POR

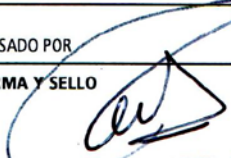
FIRMA Y SELLO

REVISADO POR

FIRMA Y SELLO

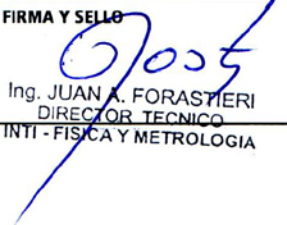
REVISADO POR

FIRMA Y SELLO

  
ING. PATRICIA VARELA  
COORD. CALIDAD Y ADMINISTRACION  
INTI - FISICA y METROLOGIA

APROBADO POR

FIRMA Y SELLO

  
Ing. JUAN A. FORASTIERI  
DIRECTOR TECNICO  
INTI - FISICA Y METROLOGIA

PEC10: Marzo 2015

## 1. Objeto

Determinar la corrección a aplicar a la indicación del instrumento en valores seleccionados previamente, en el rango comprendido entre  $-30^{\circ}\text{C}$  y  $400^{\circ}\text{C}$ .

## 2. Alcance

Establecer los métodos para la calibración de termómetros de líquido en vidrio de las siguientes características:

- Inmersión total o inmersión parcial.
- Para el rango comprendido entre  $-30^{\circ}\text{C}$  y  $200^{\circ}\text{C}$  con una profundidad mínima de inmersión de 5cm.

## 3. Definiciones y abreviaturas

**3.1.** Medición: Se considerará así a un grupo de cuatro barridas o lecturas de cada canal o instrumento a medir.

**3.2.** Los termómetros de inmersión total se sumergen dejando el menisco por lo menos 2 o 3 cm debajo de la superficie libre del líquido del baño utilizado.

**3.3.** Los termómetros de inmersión parcial se sumergen hasta la inmersión indicada en los mismos, respetando la condición establecida en el alcance.

## 4. Instrumentos de referencia

Baños de agua y aceite marca TAMSON.

Baños de etilenglicol marca FLUKE.

Baño de aceite, marca FLUKE.

Baño de aire marca VÖTSCH, modelo VMT08/64, n de serie 12122.

Baño de lecho fluidizado, marca SCHWING, modelo TH050, N de serie 6329.

Bloques ecualizadores (aluminio, acero inoxidable, cobre, plata)

TRP 31 identificación. SPRT marca FLUKE, modelo 5699, rango de trabajo Ar ( $-189,3442^{\circ}\text{C}$ ) a PTH2O.

TRP 29 identificación. SPRT marca ISOTECH, modelo 935, rango de trabajo Ar ( $-189,3442^{\circ}\text{C}$ ) a PTH2O

TRP 24 identificación. SPRT marca TINSLEY, modelo 5187H, rango de trabajo PTH2O a In ( $156,5985^{\circ}\text{C}$ )

TRP 37 identificación. SPRT marca ROSEMOUNT, modelo 162CE, rango de trabajo PTH2O a In ( $156,5985^{\circ}\text{C}$ )

TRP 7 identificación. SPRT marca ROSEMOUNT, modelo 162CE, rango de trabajo PTH2O a Sn ( $231,928^{\circ}\text{C}$ )

TRP 8 identificación. SPRT marca ROSEMOUNT, modelo 162CE, rango de trabajo PTH2O a Sn ( $231,928^{\circ}\text{C}$ )

TRP 9 identificación. SPRT marca ROSEMOUNT, modelo 162CE, rango de trabajo PTH2O a Al ( $660,323^{\circ}\text{C}$ )

TRP 19 identificación. SPRT marca ROSEMOUNT, modelo 162CE, rango de trabajo PTH2O a Al ( $660,323^{\circ}\text{C}$ )

Nanovoltímetro digital (multímetro) marca Hewlett Packard, modelo HP 34420A, rango de trabajo: 0mV a 100mV y 0mV a 1V.

Scanner marca Keithley, modelo 705, con plaqueta marca Keithley, modelo 7059.

Inversor y fuente de corriente constante, rango de trabajo 1mA.

Resistores de referencia identificados como ELT 50/10, UP 100-3 y EL 20.

Computadora personal.

Programa TCTRIV

Lupa.

## 5. Documentación de referencia

**5.1.** ITS90.

**5.2.** Calibración y uso de termómetros de vidrio, T. R. Suguer, 1975.

PEC10: Marzo 2015

**6. Responsabilidades****6.1. Del Coordinador de la Unidad Técnica Calor**

Supervisar la realización de las calibraciones. Verificar que se cumplan los procedimientos y revisar los resultados.

**6.2. Del personal del laboratorio**

Realizar las calibraciones aplicando el presente procedimiento. Procesar los datos correspondientes y emitir el certificado.

**7. Calibración de termómetros de líquido en vidrio**

Para evitar un shock térmico al termómetro que lo pueda dañar, este se sumergirá lentamente cuando las diferencias de temperaturas sean superiores a 100° C.

En caso de realizar calibraciones de termómetros de inmersión total en inmersión parcial se tendrá en cuenta la corrección por columna emergente,  $C_e$ , de acuerdo al ítem 8.2

**7.1.** Se seleccionará el resistor de referencia y se introducirán el sensor del termómetro a calibrar, en los baños junto con termorresistencias patrones (a criterio del personal técnico del laboratorio, en función de la exactitud y características del termómetro).

**7.2.** Se realizará en primer lugar la determinación a 0° C, colocando el instrumento en un baño de hielo, realizado según PEC01.

**7.3.** Seleccionar, en el controlador del baño, la temperatura máxima a calibrar.

**7.4.** Una vez estabilizada la temperatura del baño, utilizando el programa "TCTRTV", ingresando todos los datos allí solicitados, se realizan dos mediciones, que son aceptadas para archivar, o no, a criterio del personal técnico y en función de las desviaciones estándar de la temperatura del baño en relación a la exactitud requerida en la calibración.

**7.5.** Una vez concluida la calibración en la temperatura en que se encuentra estable el baño, se procede a disminuir su temperatura hasta el siguiente valor de calibración solicitado.

**7.6.** Se repiten los ítems 7.4.y 7.5. hasta llegar al valor mínimo de calibración solicitado.

**7.7.** Se repite lo indicado en los ítems 7.3.7.4.7.5

**7.8.** Los datos ingresados, valores medidos y resultados de los cálculos realizados por el programa, se almacenan en tres archivos:

**7.8.1.** "\_\_\_ent" contiene información acerca del instrumento a calibrar, los patrones utilizados y los canales en los que se encuentran conectados.

**7.8.2.** "\_\_\_gra" contiene los resultados de cada medición.

**7.9.** "\_\_\_sal" contiene todos los datos obtenidos durante la calibración.

**8. Cálculos**

**8.1.** Se obtendrán del archivo "\_\_\_gra" o "\_\_\_sal" las medias aritméticas para cada valor de calibración solicitado.

**8.2.** La corrección  $C_e$  se efectúa cuando se calibran termómetros de inmersión total en forma parcial. Se calcula como

$$C_e = (N_1 - N_2) \delta (t - t_c)$$

con  $N_1$  la temperatura que señala, sobre la escala del termómetro, el menisco de la columna del líquido termométrico.

$N_2$  es la temperatura indicada sobre la escala del termómetro y que se encuentra al mismo nivel que el extremo inferior del bulbo del termómetro de columna.

$\delta$  es el coeficiente de expansión cúbica del líquido termométrico, respecto al vidrio con el cual está construido el bulbo del termómetro.

$t$  es la temperatura del bulbo del termómetro.

$t_c$  es la temperatura que indica el termómetro de columna.

**9. Modelo e incertidumbre de medición**

**9.1.** La corrección ( $C_x$ ) del termómetro es:

$$C_x = T + \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5 + \delta_6 + \delta_7 + \delta_8 + \delta_9 + \delta_{10} + \delta_{11} + \delta_{12} \cdot T_x + \delta_{13} + \delta_{14} + \delta_{15} + \delta_{16} + C_e$$

PEC10: Marzo 2015

9.2. Se determinará la incertidumbre para cada valor obtenido en 8.1 considerando los siguientes aportes a la misma:

Fuente de incertidumbre	Símb	Valor estimado	Tipo	Dis	Intervalo (±)	Fac	$u_i$	$n_i$	$C_i$	$(C_i u_i)^2$	W-S	%
Indicación promedio de los patrones	t	99,97 °C	A1	N	°C		0,010 °C	50	1	1,0E-04	2E-10	1,6%
Calibración del patron	$\delta_1$	0 °C	BN	N	0,005 °C	2,0	0,003 °C	50	1	6,3E-06	8E-13	0,1%
Inhomogeneidad baño	$\delta_2$	0 °C	A1	N	°C	0,0	0,010 °C	16	1	1,0E-04	6E-10	1,6%
linealidad multimetro (patron)	$\delta_3$	0 mV	BR	R	8,E-05 mV	1,7	4,50E-05 mV	50	25 °C/mV	1,3E-06	3E-14	0,0%
resolucion multimetro (patron)	$\delta_4$	0 mV	BR	R	5,0E-06 mV	1,7	2,89E-06 mV	50	25 °C/mV	5,2E-09	5E-19	0,0%
error de conexion e inversion	$\delta_5$	0 mV	BN	N	0,0001 mV	2,0	0,000 mV	50	25 °C/mV	1,6E-06	5E-14	0,0%
error por inmersion (patron)	$\delta_6$	0 °C	BR	R	- °C	1,7	- °C	50	1	0,0E+00	0E+00	0,0%
error del hielo	$\delta_7$	0 °C	A1	N	°C	0,0	0,002 °C	50	1	4,0E-06	3E-13	0,1%
Calibración del resistor de referencia	$\delta_8$	0 Ω	BN	N	0,001 Ω	2,0	0,0003 Ω	50	2,5 °C/Ω	3,9E-07	3E-15	0,0%
estabilidad resistor de referencia	$\delta_9$	0 Ω	A1	N	W	0,0	1,00E-06 Ω	50	2,5 °C/Ω	6,3E-12	8E-25	0,0%
linealidad multimetro (patron a 0°C)	$\delta_{10}$	0 mV	BR	R	7,E-05 mV	1,7	0,000 mV	50	25 °C/mV	1,0E-06	2E-14	0,0%
resolucion multimetro (patron a 0°C)	$\delta_{11}$	0 mV	BR	R	5,0E-06 mV	1,7	2,89E-06 mV	50	25 °C/mV	5,2E-09	5E-19	0,0%
error de conexion e inversion a 0°C)	$\delta_{12}$	0 mV	BN	N	0,0001 mV	2,0	0,000 mV	50	25 °C/mV	1,6E-06	5E-14	0,0%
Deriva del R 0°C	$\delta_{13}$	0 Ω	BR	R	0,0050 Ω	1,7	0,003 W	50	25 °C/mV	5,2E-03	5E-07	84,8%
Temperatura indicada (cliente)	Tx	99,85 °C	A1	N	μs	0,0	0,010 °C	16	1	1,0E-04	6E-10	1,6%
error por inmersion (cliente)	$\delta_{14}$	0,00 mV	BN	N	- mV	2,0	- mV	50	1	0,0E+00	0E+00	0,0%
repetibilidad del termómetro (Cliente)	$\delta_{15}$	0 °C	A1	N	μs	0,0	0,020 °C	16	1	4,0E-04	1E-08	6,5%
Resolución del termómetro (Cliente)	$\delta_{16}$	0 °C	BR	R	0,01 °C	0,7	0,0137 °C	50	1	1,9E-04	7E-10	3,0%
Corrección por columna emergente	Ce	0,03 °C	BR	R	0,01 °C	1,7	0,0058 °C	50	1	3,3E-05	2E-11	0,5%
Corrección del termómetro	Cx	0,15 °C		N	0,16 °C	2,0	0,078 °C	68				100%

$$C_x = 0,15 \pm 0,16 \text{ °C}$$

donde:

$C_x$  es la corrección a aplicar para la temperatura indicada por el termómetro a calibrar

t es la indicación promedio de temperatura de los termómetros patrones, su incertidumbre  $U(t)$  se obtiene del promedio de las dispersiones de los valores medidos.

$\delta_1$  es la corrección de la temperatura debida a la calibración de los termómetros patrones, su incertidumbre  $U(\delta_1)$  es la incertidumbre informada en el certificado de calibración.

$\delta_2$  es la corrección de la temperatura debida a la Inhomogeneidad de la temperatura del baño, su incertidumbre  $U(\delta_2)$  se evalúa con las especificaciones del fabricante o con la caracterización del baño utilizado.

$\delta_3$  es la corrección de la temperatura debida a la linealidad del voltímetro para los termómetros patrones, su incertidumbre  $U(\delta_3)$  se evalúa con las especificaciones del fabricante (Verificadas en la UTE de FÍSICA Y METROLOGIA).

$\delta_4$  es la corrección de la temperatura debida a la resolución del voltímetro para los termómetros patrones, su incertidumbre  $U(\delta_4)$  se considera  $\frac{1}{2}$  dígito de la resolución del voltímetro.

$\delta_5$  es la corrección de la temperatura debida a los errores de conexión e inversión de la corriente (tales como: tensiones parásitas, etc.) para los termómetros patrones, su incertidumbre  $U(\delta_5)$  se considera 0,1 μV (ref **Low Level Measurements**, Pág. 27- tabla 2).

$\delta_6$  es la corrección de la temperatura debida a la inmersión de los termómetros patrones, su incertidumbre  $U(\delta_6)$  se evalúa con las especificaciones del fabricante, o el desplazamiento del sensor, en sentido vertical, a una distancia aproximada a 2 diámetros de la vaina.

$\delta_7$  es la corrección de la temperatura debida a la realización del punto de hielo, su incertidumbre  $U(\delta_7)$  se considera  $\pm 0,005^\circ\text{C}$  (de acuerdo al **PEC01**).

$\delta_8$  es la corrección de la temperatura debida a la calibración del resistor de referencia, su incertidumbre  $U(\delta_8)$  es la incertidumbre informada en el certificado de calibración.

$\delta_9$  es la corrección de la temperatura debida a estabilidad a corto plazo del resistor de referencia, su incertidumbre  $U(\delta_9)$  se estima en función de la estabilidad térmica.

PEC10: Marzo 2015

$\delta t_{10}$  es la corrección de la temperatura debida a la linealidad del voltímetro para los termómetros patrones, al medir su resistencia a  $0^{\circ}\text{C}$ , su incertidumbre  $U(\delta t_{10})$  se evalúa de igual forma que  $U(\delta t_j)$ .

$\delta t_{11}$  es la corrección de la temperatura debida a la resolución del voltímetro para los termómetros patrones, al medir su resistencia a  $0^{\circ}\text{C}$ , su incertidumbre  $U(\delta t_{11})$  se evalúa de igual forma que  $U(\delta t_j)$ .

$\delta t_{12}$  es la corrección de la temperatura debida a los errores de conexión e inversión de la corriente, al medir su resistencia a  $0^{\circ}\text{C}$  (tales como: tensiones parásitas, etc.) para los termómetros patrones, su incertidumbre  $U(\delta t_{12})$  se evalúa de igual forma que  $U(\delta t_j)$ .

$T_x$  es el promedio de las temperaturas indicadas por el termómetro a calibrar (obtenidas en 8.), su incertidumbre  $U(T_x)$  se obtiene del promedio de las dispersiones de los valores medidos.

$\delta t_{13}$  es la corrección de la temperatura debida a la deriva del  $R0^{\circ}\text{C}$  de los termómetros patrones, su incertidumbre  $U(\delta t_{13})$  se estima a partir del promedio de las diferencias entre mediciones sucesivas del valor de  $R0^{\circ}\text{C}$ .

$\delta_{14}$  es la corrección de la temperatura debida a la inmersión del termómetro a calibrar, su incertidumbre  $U(\delta_{14})$  se evalúa de igual forma que  $U(\delta t_j)$ .

$\delta_{15}$  es la corrección de la temperatura debida a la reproducibilidad del termómetro a calibrar, su incertidumbre  $U(\delta_{15})$  se obtiene de la desviación estándar de los valores medidos.

$\delta_{16}$  es la corrección de la temperatura debida a la resolución del termómetro a calibrar, su incertidumbre  $U(\delta_{16})$  se evalúa de igual forma que  $U(\delta_{14})$ .

$C_e$  es la corrección de la temperatura debida a la columna emergente del termómetro a calibrar, su incertidumbre  $U(C_e)$  se evalúa de acuerdo a lo indicado en error por columna emergente: (ref: **Calibración y uso de termómetros de vidrio**)

## 10. Confección del certificado de calibración

Además de lo establecido en el capítulo 9 del MC, en el certificado de calibración se informa:

**10.1.** Una breve descripción del método de calibración utilizado.

**10.2.** Una tabla con los valores de corrección para las temperaturas de calibración solicitadas y sus respectivas incertidumbres.

## 11. Precauciones, medidas de seguridad y protección del medio ambiente

Se tomarán precauciones para la recuperación y aislamiento inmediato de mercurio, en caso de rotura de algún termómetro se recogerán y guardarán los restos de mercurio en un frasco cerrado. Cuando dicho frasco se llene se dará intervención al responsable de Medio Ambiente del INTI - Física y Metrología, acorde con lo indicado en el manual de procedimientos PG.01.001, titulado "Procedimiento General de Gestión de Residuos Peligrosos en el Parque Tecnológico Miguelete".

## 12. Registro de la calidad

Se conservan registros manuscritos de las observaciones originales, copia de los certificados emitidos, como así también copia de la orden de trabajo, salida de elementos y demás documentación relacionada, de acuerdo con el Manual de la Calidad del INTI - Física y Metrología, capítulo 11.