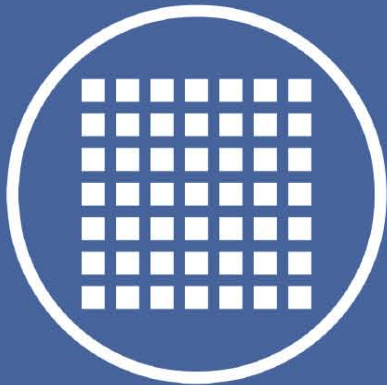


Copia No Controlada

Instituto Nacional  
de Tecnología Industrial

Centro de Desarrollo e Investigación  
en Física y Metrología



INTI



Procedimiento específico: PEC05

## **CALIBRACIÓN DE TERMÓMETROS DE RADIACIÓN DE FILAMENTO EVANESCENTE**

Revisión: Abril 2014

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.

## PEC05 Lista de enmiendas: Abril 2014

[illegible]

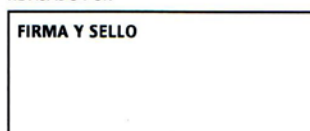
PEC05 Índice: Abril 2014

NOMBRE DEL CAPÍTULO	REVISIÓN
Página titular	Abril 2014
Lista de enmiendas	Abril 2014
Índice	Abril 2014
Calibración de termómetros de radiación de filamento evanescente	Abril 2014
Apéndice 1	Abril 2014
Apéndice 2	Abril 2014
Apéndice 3	Abril 2014
Apéndice 4	Abril 2014
Apéndice 5	Abril 2014
Apéndice 6	Abril 2014
Apéndice 7	Abril 2014


PREPARADO POR

FIRMA Y SELLO  


REVISADO POR

FIRMA Y SELLO  


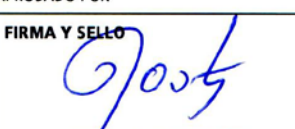
REVISADO POR

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

REVISADO POR

FIRMA Y SELLO  
  
ING. PATRICIA VARELA  
COORD. CALIDAD Y ADMINISTRACION  
FISICA Y METROLOGIA  
INTI

APROBADO POR

FIRMA Y SELLO  
  
Ing. JUAN A. FORASTIERI  
DIRECTOR TECNICO  
INTI FISICA Y METROLOGIA

PEC05: Abril 2014

**1. Objeto**

El establecimiento de los métodos para la calibración de termómetros de radiación de filamento evanescente, por comparación con una lámpara pirométrica patrón.

**2. Alcance**

**2.1.** Este procedimiento se aplica a termómetros de radiación de filamento evanescente, que utilizan al ojo humano como parte del sistema de detección y que operan alrededor de los 650 nm.

**2.2.** La calibración se realiza por comparación fotométrica o igualación de los valores de luminancia, generados por el filamento de la lámpara del termómetro y por la lámpara pirométrica patrón, mediante la provisión al observador de la superposición de las imágenes respectivas.

**2.3.** El intervalo de calibración está comprendido entre 800 °C y 2200 °C.

**3. Definiciones y abreviaturas****3.1. Términos metrológicos generales**

Su definición se encuentra en el Manual de la Calidad, capítulo 2, en el Plan de la Calidad y en el texto del presente procedimiento.

**3.2. Longitud de onda:**

Es la distancia entre dos puntos de la fase correspondiente a dos ciclos consecutivos de una onda. Se nota con el símbolo  $\lambda$ , su unidad es  $[\lambda] = \text{m}$ .

**3.3. Radiancia**

Es la cantidad de energía por unidad de tiempo en una dada dirección, por unidad de ángulo sólido, por unidad de área de la fuente, correspondiente a la dirección de observación. Se la denota mediante el símbolo  $L$ ,  $[L] = \text{W} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ . La radiancia espectral es la radiancia por unidad de longitud de onda, se la nota como  $L_\lambda$  o  $L(\lambda)$ , sus unidades son  $[L_\lambda] = \text{W} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$ .

**3.4. Cuerpo negro**

Un cuerpo totalmente absorbente que no refleja radiación. En equilibrio térmico un cuerpo negro absorbe e irradia con la misma intensidad. La radiación emitida iguala a la absorbida cuando se mantiene el equilibrio térmico. Un cuerpo negro emite radiación de acuerdo a la ley de radiación de Planck.

**3.5. Ley de radiación de Planck**

Expresión que describe la distribución espectral de radiancia  $L(\lambda, T)$  de un cuerpo negro. Se expresa mediante:

$$L(\lambda, T) = c_1 \cdot \lambda^{-5} \cdot \left[ \exp\left(\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1 \right]^{-1}$$

Donde:  $c_1 = 3,742 \cdot 10^{-16} \text{ W} \cdot \text{m}^2$ ,  $c_2 = 0,014388 \text{ m} \cdot \text{K}$

**3.6. Emisividad**

Relación entre la radiancia emitida por la superficie del material y la emitida por un cuerpo negro a igual temperatura. Se utiliza el término emitancia para indicar la emisividad de una muestra o un objeto.

**3.7. Termómetro de radiación**

Instrumento que mide la temperatura de un cuerpo mediante la detección de la radiación emitida por aquel y el procesamiento de la señal generada.

**3.8. Termómetro de radiación de banda única**

Mide la temperatura de un cuerpo mediante la detección, dentro de una banda del espectro de ancho mayor que 10 nm hasta unos pocos micrometros. Los termómetros de radiación monocromática (banda: ~ 10 nm a 50 nm) y los de filamento evanescente (banda: ~ 100 nm) pueden considerarse de este tipo.

**3.9. Termómetro de radiación total**

Mide la temperatura de un cuerpo mediante la detección, dentro de un ancho de banda muy amplio del espectro (varios micrometros), de la energía que este emite.

**3.10. Lámpara pirométrica**

Lámpara útil como referencia de temperatura de radiancia espectral y en consecuencia como referencia termométrica.

PEC05: Abril 2014

### 3.11. Tamaño de blanco o campo de medición de un termómetro de radiación

Diámetro o longitud característica del círculo o figura virtual sobre el plano del blanco u objeto, del cual emerge la radiación que el termómetro detecta. El tamaño de blanco queda definido por el diseño óptico del termómetro y depende de la distancia entre el blanco y el termómetro.

### 3.12. Longitud de onda de operación

Se refiere a la longitud de onda característica para la cual un termómetro de radiación monocromática es sensible. Su aplicación se extiende a termómetros de banda.

### 3.13. Longitud de onda efectiva de un termómetro de radiación

Valor característico de longitud de onda definido mediante:

$$\lambda_{eff}(T) = \frac{\int_{\Delta\lambda} \Phi(\lambda) \cdot L(\lambda, T) \cdot d\lambda}{\int_{\Delta\lambda} \Phi(\lambda) \cdot L(\lambda, T) \cdot d\lambda / \lambda}$$

donde:  $\Phi(\lambda)$  es la función de onda pirométrica del termómetro de radiación.

### 3.14. Función de onda pirométrica $\Phi(\lambda)$ de un termómetro de radiación

Representa a la función espectral correspondiente al producto entre la respuesta espectral relativa del termómetro y la transmitancia espectral de la óptica del termómetro.

### 3.15. Temperatura de radiancia

Es el valor equivalente de temperatura de un cuerpo negro que provee la misma radiancia, para un intervalo espectral especificado, que el cuerpo bajo consideración.

### 3.16. Luminancia

Se define como:

$$L_v = \int_0^\infty K_m \cdot V(\lambda) \cdot \tau(\lambda) \cdot \varepsilon(\lambda, T) \cdot L(\lambda, T) \cdot d\lambda$$

Donde:

$K_m = 683 \text{ lumen} \cdot \text{watt}^{-1}$ ,  $V(\lambda)$  es la respuesta visual espectral o eficiencia espectral luminosa de un observador estándar.  $\tau(\lambda)$  es la transmisión espectral de los elementos ópticos del instrumento con que se observa, que se encuentran entre el cuerpo emisor y el observador.  $\varepsilon(\lambda, T)$  es el valor de emitancia del cuerpo, en función de la longitud de onda y la temperatura.  $T$  es la temperatura del cuerpo que se observa,  $[T] = \text{K}$ . Las unidades de luminancia son:  $\text{lumen} \cdot \text{m}^{-2}$

## 4. Referencias

#### 4.1. The International Temperature Scale of 1990 (ITS-90)

H. Preston-Thomas, Metrología, 27, 3-10, 1990, Springer Verlag.

#### 4.2. Theory and practice of radiation thermometry

D.P. DeWitt, G.D. Nutter, John Wiley & Sons Inc., ISBN 0-471-61018-6.

#### 4.3. Applications of radiation thermometry, ASTM Special Technical Publication 895,

J.C. Richmond, D.P. DeWitt, ISBN0-8031-0445-6.

#### 4.4. The guide to the expression of uncertainty in measurement

ISO/TAG4/WG3, NIST, 1995.

#### 4.5. Visual disappearing-filament pyrometer

OIML International Recommendation N° 18.

#### 4.6. G. Ribaud, Traité de pyrométrie optique

Encyclopédie photométrique: Mesures sur l'émission, tome 4. Editions de la Revue d'Optique théorique et instrumentale.

#### 4.7. Transference of tungsten strip calibrations between INTI and INMETRO

M. Jiménez Rebagliati, R. Nunes Teixeira, Congress "Metrologia 97", Mouvement Francais pour la Qualité, Besancon, Francia, Octubre 1997.

PEC05: Abril 2014

## 5. Responsabilidades

### 5.1. Del Coordinador de la Unidad Técnica Calor

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

### 5.2. Del personal del laboratorio

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

## 6. Instrumentación utilizada

### 6.1. Temperatura y humedad

**6.1.1.** Lámpara evacuada, de alta estabilidad, marca GEC, modelo 10/V, de filamento de tungsteno, rango: 800 °C – 1500 °C, identif.: C668.

**6.1.2.** Lámpara evacuada, de alta estabilidad, marca GEC, modelo 10/V, de filamento de tungsteno, rango: 800 °C – 1500 °C, identif.: C684.

**6.1.3.** Lámpara con gas, de alta estabilidad, marca GEC, modelo 10/G, de filamento de tungsteno, rango: 1500 °C – 2200 °C, identif.: C669.

**6.1.4.** Lámpara con gas, de alta estabilidad, marca GEC, modelo 10/G, de filamento de tungsteno, rango: 1500 °C – 2200 °C, identif.: C670.

**6.1.5.** Termohigrómetro marca TFA, identificado como “Radiación”.

### 6.2. Resistencia eléctrica

**6.2.1.** Resistor de alta estabilidad de 0,01  $\Omega$ , marca H&B, n/s 9940.

**6.2.2.** Resistor de alta estabilidad de 0,01  $\Omega$ , marca H&B, n/s 9941.

### 6.3. Corriente eléctrica

**6.3.1.** Heizinger TNs 30-600, intervalo de operación: (0-20) A y (0-30) V, n/s 068012606.

**6.3.2.** Heizinger TNs 100-2000, intervalo de operación: (0-20) A y (0-100) V, n/s 088012750.

**6.3.3.** FUG NTN 2800-65, intervalo de operación: (0-40) A y (0-100) V, n/s 9306495002.

### 6.4. Instrumentación de medición

**6.4.4.** Voltímetro marca Keithley, modelo 196, s/n 542448.

**6.4.5.** Llave selectora electrónica (scanner) marca Keithley, modelo 705, s/n 464394, con placas 7057A y 7059.

### 6.5. Baños de fluido

**6.5.1.** Marca Polyscience, modelo Series 9500, n/s 881035.

**6.5.2.** Marca Guildline, modelo 9732VT, n/s 45318.

## 7. Descripción de los instrumentos a calibrar

El termómetro de radiación de filamento evanescente está constituido por un telescopio, un filtro rojo, filtros de absorción, dos diafragmas, una lámpara y un sistema de alimentación de corriente eléctrica (ver apéndice 1).

El filamento de la lámpara está situado en un punto del eje óptico donde el telescopio provee una imagen del cuerpo cuya temperatura se desea medir. Las ventanas planas de la lámpara del instrumento permiten una visión no distorsionada del blanco que junto con la imagen magnificada del filamento de la lámpara se presentan al observador en forma superpuesta.

PEC05: Abril 2014

La lámpara es alimentada con corriente eléctrica continua cuyo valor se ajusta manualmente de modo que la luminancia del blanco iguale a la de su filamento. El filtro rojo se ubica entre la lámpara y el ojo para facilitar esta comparación, dado que el color del filamento brillante puede diferir de aquel del blanco. Esto resulta en una limitación de la banda espectral, que resulta en una comparación fotométrica más precisa. De esta forma el filamento parece desaparecer sobre la imagen del blanco.

El ajuste de corriente se realiza mediante la rotación manual de una rueda asociada a un resistor variable que es parte del circuito de alimentación. El valor de temperatura se obtiene de la indicación que provee una guía o marca fija que se superpone a la escala móvil de temperatura, que a su vez es solidaria a dicha rueda.

## 8. Principios de la calibración

El termómetro es calibrado mediante el uso de una lámpara pirométrica de alta estabilidad. Para el rango comprendido entre 800 °C y 1500 °C se utiliza una lámpara evacuada (6.1.1, 6.1.2) como patrón de temperatura de radiancia. Para el rango comprendido entre 1500 °C y 2200 °C se utiliza una lámpara (6.1.3, 6.1.4) con gas argón. De esta forma valores de temperatura de radiancia iguales a 800 °C, 900 °C, 1000 °C, 2200 °C resultan disponibles como puntos de calibración. Cada uno de estos valores de temperatura de radiancia se halla unívocamente relacionado con un valor de corriente eléctrica circulante por el filamento de la lámpara, mediante una tabla o información equivalente provista en el certificado de calibración de la lámpara. Se asume que estos valores corresponden a una muestra de la relación  $T = T(I)$  existente entre la temperatura de radiancia  $T$  y la corriente eléctrica  $I$  circulante por la lámpara. El propósito de la calibración es el de determinar un conjunto de datos de la forma  $\{tx, \delta(tx), U(tx)\}$ , donde  $tx$  representa a los valores de temperatura indicados por el termómetro bajo calibración,  $\delta(tx)$  a las diferencias existentes entre los valores de temperatura de radiancia provistos por la lámpara pirométrica de referencia y los correspondientes valores de temperatura provistos por el termómetro bajo calibración y  $U(tx)$  representa a los valores de incertidumbre correspondientes. Las lámparas utilizadas como patrones se hallan calibradas según el procedimiento PEC 04 del plan de calidad.

## 9. Condiciones ambientales e intervalos de estabilización

La temperatura ambiente es mantenida en  $(23 \pm 5)$  °C. No se realiza control de humedad durante la calibración pero no se calibra si la humedad relativa ambiente supera el 80 %. Los intervalos de estabilización se indican en 10 y 11.

## 10. Acciones preliminares

Los termómetros de filamento evanescente son revisados previo al inicio de su calibración. Se realizan las siguientes acciones:

Se comprueba, por inspección visual, luego de habilitar el sistema de alimentación de corriente que este funcione.

Se observa el estado de limpieza del filtro rojo y de la lente objetivo. En caso de considerarse necesario se los limpia con papel absorbente y fluido para limpiar ópticas.

En caso de mal funcionamiento se rechaza el instrumento para su calibración.

Se enciende la instrumentación de medición y se aguarda al menos 1 h.

## 11. Calibración

La figura del apéndice 2 muestra el arreglo de medición utilizado para la calibración de este tipo de termómetros. Corresponde a un circuito serie alimentado mediante una fuente de corriente continua de alta estabilidad (6.3.1, 6.3.2, 6.3.3). Un resistor de referencia (6.2.1, 6.2.2) se halla conectado en serie. La tensión eléctrica generada sobre los bornes del resistor se mide con un voltímetro (6.4.1), el cual se halla conectado a través de una llave selectora electrónica (6.4.2). La estabilidad típica de estas fuentes es del orden de  $\Delta I/I < 0.0001$ .

## PEC05: Abril 2014

La temperatura de los zócalos de la lámpara de referencia se mantiene entorno a los 25 °C, mediante la circulación externa de un baño (6.5.1) de agua destilada. Los resistores patrones son mantenidos, a aproximadamente a 23 °C, en un baño (6.5.2) de aceite mineral.

El termómetro bajo calibración es ubicado enfrente de la lámpara, a una distancia de aproximadamente 0,5m de su filamento. Cuando esto no resulta posible se ubica al termómetro a la mínima distancia posible. Se toma la precaución de enfocar el termómetro de modo de visualizar el filamento de la lámpara a la altura de la muesca y de apuntar el termómetro de modo de superponer el índice de este, que señala el medio del filamento de su lámpara, con el centro del filamento de la lámpara de referencia. Siempre que resulte posible este proceso incluye la focalización de la mancha auxiliar presente sobre la cara posterior de la lámpara de referencia. La lámpara de referencia es alineada en las mismas condiciones para las cuales fue calibrada.

El termómetro es calibrado en un número mínimo de cinco puntos para cada intervalo de temperatura: (800 – 1500) °C y/o (1500 – 2200) °C La corriente circulante por la lámpara de referencia es sucesivamente establecida en valores correspondientes ( $\pm 5$  °C) a aquellos valores de temperatura de radiancia de calibración.

Los valores de corriente, I, son calculados como el cociente entre los correspondientes valores de la tensión eléctrica y el valor de resistencia del resistor de referencia.

Para calibrar el termómetro a valores de temperatura de radiancia menores que 1100 °C, se espera un mínimo de 30 min antes de comenzar las mediciones. Para valores superiores a los 1100 °C el periodo de espera es reducido a 15 min.

Más de un observador puede participar en las mediciones. En caso de que así fuere cada observador mide en los mismos puntos de calibración. Las mediciones se realizan en orden ascendente de temperatura. Para cada punto de calibración, cada observador realiza una medición consistente en la obtención de 6 (seis) lecturas, donde para cada una de ellas, se igualan las luminancias provistas por los filamentos de la lámpara de referencia y de la lámpara del termómetro. Las comparaciones se realizan, alternativamente, mediante la reducción y el aumento de la corriente por la lámpara del pirómetro.

Se registran los valores de cada una de las lecturas obtenidas. Los valores de temperatura, humedad relativa ambiente y de tensión eléctrica sobre el resistor de referencia se registran al menos una vez para cada medición. También se anota la instrumentación involucrada en la medición. Se registra el nombre del operador. Todos los datos se vuelcan en una plantilla de protocolo de medición.

## 12. Modelo de medición

Los valores de las correcciones de temperatura  $\delta t$  que se deben aplicar a los valores de temperatura  $t_x$  indicados por el termómetro se calculan mediante:

$$\delta(t_x) = t_r - t_x$$

$$t_r = T \left( \frac{V}{R} + \frac{\delta V_1}{R} + \frac{\delta V_2}{R} - \frac{V}{R} \cdot \frac{\delta R}{R} \right) + \sum \delta t_j + \sum c_j \cdot \delta x_j$$

Donde:

$t_r$	es el valor de temperatura de radiancia provisto por la lámpara de referencia
$t_x$	es el valor de temperatura indicado por el termómetro.
$V$	es el valor de tensión eléctrica sobre el resistor de referencia.
$I$	es el valor de la corriente eléctrica circulante por la lámpara y por el resistor de referencia
$T(I)$	es la función que relaciona los valores de corriente y temperatura de radiancia de la lámpara de referencia.
$R$	es el valor de resistencia eléctrica del resistor de referencia.
$\delta V$	es el valor de la corrección de la tensión eléctrica debido a su repetibilidad durante la medición.
$\delta V_1$	es el valor de la corrección de la tensión eléctrica debido a la exactitud del voltímetro.
$\delta V_2$	es el valor de la corrección de la tensión eléctrica debido a la resolución del voltímetro.
$\delta R$	es el valor de la corrección de la resistencia eléctrica debido a la exactitud del resistor de referencia.
$\delta t_o$	es el valor de la corrección de temperatura debido a la estabilidad térmica de la resistencia de referencia.



PEC05: Abril 2014

- $\delta t_1$  es el valor de la corrección de temperatura debido a la resolución del termómetro.  
 $\delta t_2$  es el valor de la corrección de temperatura debido a la repetibilidad del termómetro.  
 $\delta t_3$  es el valor de la corrección de temperatura debido a la exactitud de la lámpara de referencia.  
 $\delta t_4$  es el valor de la corrección de temperatura debido a la deriva de la lámpara de referencia.  
 $\delta t_5$  es el valor de la corrección de temperatura de la base de la lámpara respecto del valor correspondiente de calibración.  
 $\delta \alpha$  es el valor de la corrección por desalineación angular entre la lámpara de referencia y el termómetro.  
 $\delta L$  es el valor de la corrección por desalineación longitudinal entre la lámpara de referencia y el termómetro.  
 $\delta \lambda_1$  es el valor de la corrección por diferencia entre la longitud de onda de operación del termómetro y aquella para la cual fue calibrada la lámpara.  
 $\delta \lambda_2$  es el valor de la corrección equivalente en longitud de onda debido a dos observadores diferentes.

### 13. Ejemplo de cálculo de incertidumbre

En los apéndices 3, 4, 5 y 6 se presentan ejemplos de cálculo de incertidumbre correspondiente a la calibración de un termómetro de filamento evanescente, para diversos valores de temperatura.

### 14. Confección del informe

Además de lo establecido en los procedimientos Generales, en el certificado de calibración se indican:

- Las características de las condiciones de medición
- La escala de temperatura a la que se refieren los valores indicados en el certificado.
- Los valores de temperatura indicados por el termómetro y los de las correspondientes correcciones e incertidumbres.

Los resultados se entregan en una tabla con las siguientes características:

Indicación (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre (°C)

### 15. Registro de la calidad

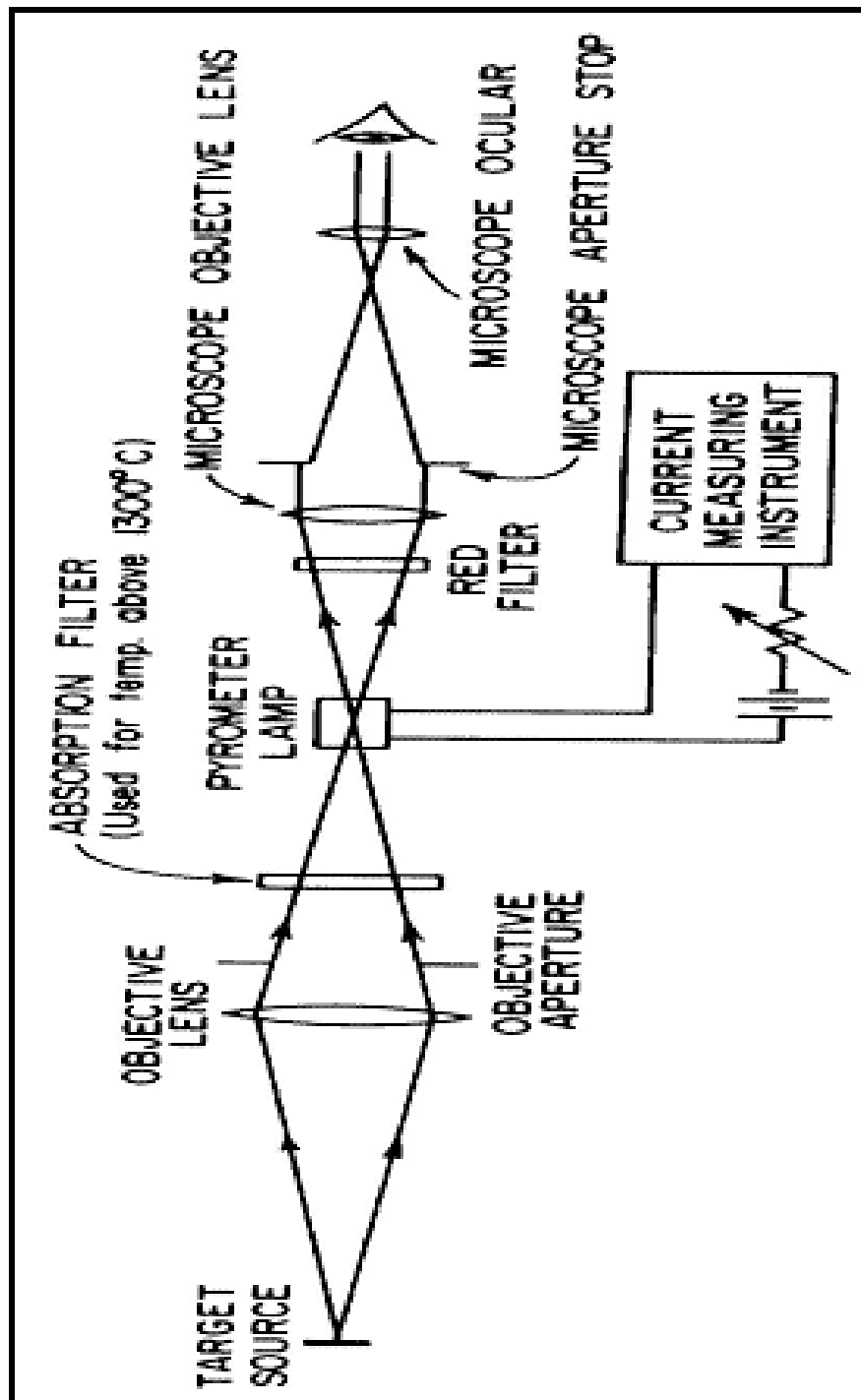
Se conservan registros manuscritos de las observaciones originales, copia de los certificados emitidos, como así también copia de la orden de trabajo, salida de elementos y demás documentación relacionada, de acuerdo con el Manual de la Calidad del INTI - Física y Metrología, Capítulo 11.

### 16. Apéndices

Nº DE APÉNDICE	TÍTULO
1	Diagrama de un termómetro de radiación de filamento evanescente
2	Diagrama de arreglo de medición para la calibración de termómetros de radiación de filamento evanescente
3	Ejemplo de cálculo de la incertidumbre para $t = 800$ °C
4	Ejemplo de cálculo de la incertidumbre para $t = 1400$ °C
5	Ejemplo de cálculo de la incertidumbre para $t = 1600$ °C
6	Ejemplo de cálculo de la incertidumbre para $t = 2200$ °C
7	Ejemplo de un informe de calibración

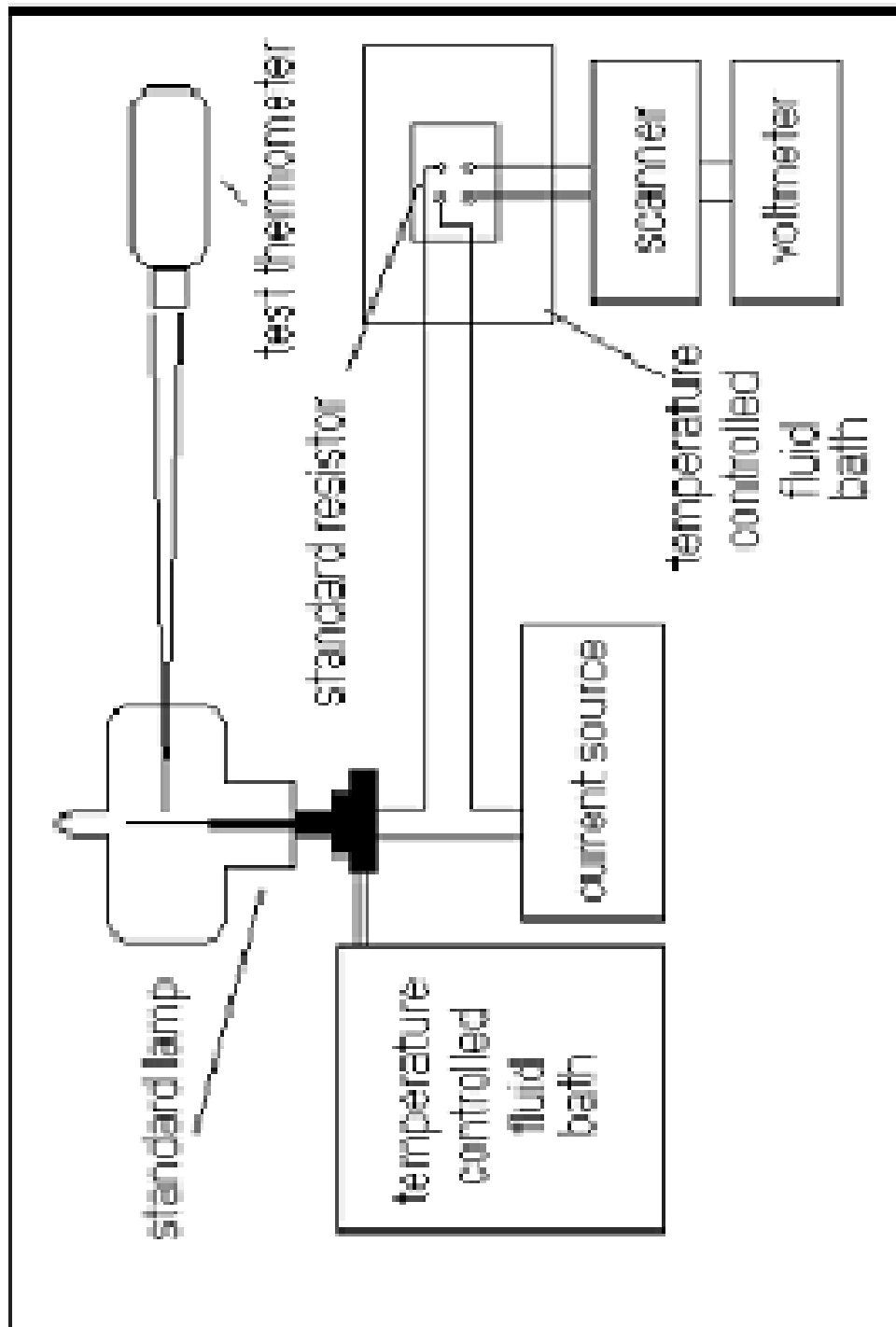
PEC05 Apéndice 1: Abril 2014

Diagrama de un termómetro de radiación de filamento evanescente



PEC05 Apéndice 2: Abril 2014

**Diagrama de arreglo de medición para la calibración de termómetros de radiación de filamento evaporante**



PEC05 Apéndice 3: Abril 2014

Ejemplo de cálculo de incertidumbre para  $t = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Q
1	EMPRESA / CLIENTE	ZZZZZZ													
2	IDENTIFICACIÓN DEL SERVICIO	OT N° XXXXX													
3	INSTRUMENTO	L&N 8632C													
4	FECHA DE CALIBRACIÓN	02-Abr-08													
5															
6	<b>DATOS DE MEDICIÓN Y CÁLCULO</b>														
7	Mesurandos	Símb	Valor estimado	Unidad											
8	Termómetro patrón														
9	Identificación lámpara de referencia	C668	1-Dic-00												
10	Identificación resistor asoc. lámp.ref.	R9940													
11	Tensión s/resistencia asoc. lámp. ref.	Vr	4,388360E-02	V											
12	Resistencia asoc / lámp. ref.	Rr	9,999190E-03	$\Omega$											
13	Corriente por lámpara referencia	Ir	4,388715486	A											
14	Longitud de onda (tr) asoc/lámp.ref.	$\lambda_r$	6,5600E-07	m											
15	Temperatura base lámpara referencia	tbr	25	$^{\circ}\text{C}$											
16	Indicación lámpara de referencia	tr	799,7	$^{\circ}\text{C}$											
17		tr	1072,9	K											
18	Termómetro a calibrar	rango LOW, observador Marcelo Jiménez													
19	Indicación del termómetro	tt	806,7	$^{\circ}\text{C}$											
20		tt	1080	K											
21	<b>Datos accesorios</b>														
22	(dt / d $\lambda$ ) (tr) para $\lambda = 655\text{ nm}$	dt/d $\lambda$	-8,79E+07	$^{\circ}\text{C}/\text{m}$											
23	(dt / dTb) (tr) para $\lambda = 655\text{ nm}$	dt/dTb	1,98E-01	$^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$											
24	(dt / dl) (tr) asoc. lámp. ref.	dt/dl	180,70	$^{\circ}\text{C}/\text{A}$											
25	<b>Condiciones ambientales</b>														
26	Humedad relativa ambiente	HRA	58+0	%											
27	Temperatura ambiente	Ta	23.1-0,1	$^{\circ}\text{C}$											
28															
29	<b>BALANCE DE INCERTIDUMBRES EN CALIBRACION</b>														
30	Procedimiento: PEC05														
31	Calibración de: Termómetros de radiación de filamento evanescente														
32	Modelo asociado a la medición:														
33	$\delta t_t = t_r - t_t + c_v \delta V_1 + c_v \delta V_2 + c_R \delta R + \delta t_o + \dots + \delta t_s + \dots$														
34	Fuente de incertidumbre	Símb	Valor estimado	Tipo	Dis	Intervalo ( $\pm$ )	Fac	$u_i$	$v_i$	$c_i$	%				
35	Repetibilidad tensión eléctrica	$\delta V$	0	V	A1	N		1,9E-06	V	5	18072	$^{\circ}\text{C}/\text{V}$	0,0%		
36	Exactitud del voltímetro	$\delta V_1$	-1,E-07	V	BR	R	5,5E-06	V	1,7	3,2E-06	V	50	18072	$^{\circ}\text{C}/\text{V}$	0,1%
37	Resolución voltímetro	$\delta V_2$	0	V	BR	R	5,0E-08	V	1,7	2,9E-08	V	50	18072	$^{\circ}\text{C}/\text{V}$	0,0%
38	Exactitud resistencia de referencia	$\delta R$	0	$\Omega$	BN	N	5,0E-08	$\Omega$	2,0	2,5E-08	$\Omega$	50	79312	$^{\circ}\text{C}/\Omega$	0,0%
39	Estabilidad térmica resistencia ref.	$\delta t_o$	0	$^{\circ}\text{C}$	BN	N	0,003	$^{\circ}\text{C}$	2,0	1,5E-03	$^{\circ}\text{C}$	50	4,E-03	1	0,0%
40	Resolución del termómetro	$\delta t_1$	0	$^{\circ}\text{C}$	BR	R	2,5	$^{\circ}\text{C}$	1,7	1,4E+00	$^{\circ}\text{C}$	50	1	1	40,0%
41	Repetibilidad del termómetro	$\delta t_2$	0	$^{\circ}\text{C}$	A1	N				1,6E+00	$^{\circ}\text{C}$	5	1	1	49,2%
42	Exactitud de la lámpara de referencia	$\delta t_3$	0	$^{\circ}\text{C}$	A1	N				2,5E-01	$^{\circ}\text{C}$	5	1	1	1,2%
43	Deriva de la lámpara de referencia	$\delta t_4$	0	$^{\circ}\text{C}$	BR	R	0,73	$^{\circ}\text{C}$	1,7	4,2E-01	$^{\circ}\text{C}$	50	1	1	3,4%
44	Diferencia temperatura base lámpara	$\delta t_5$	0	$^{\circ}\text{C}$	BN	N	0,3	$^{\circ}\text{C}$	2,0	1,5E-01	$^{\circ}\text{C}$	50	0,198	1	0,0%
45	Desalineación angular (lámp-term)	$\delta \alpha$	0	$^{\circ}$	BR	R	2,5	$^{\circ}$	1,7	1,4E+00	$^{\circ}$	50	0,2	$^{\circ}\text{C}/^{\circ}$	1,6%
46	Desalineación longitudinal (lámp-term)	$\delta L$	0	mm	BR	R	0,5	mm	1,7	2,9E-01	mm	50	1,0	$^{\circ}\text{C}/\text{mm}$	1,6%
47	Diferencia de longitud onda (lámp-term)	$\delta \lambda_1$	0	m	BR	R	5,0E-09	m	1,7	2,9E-09	m	50	-8,8E+07	$^{\circ}\text{C}/\text{m}$	1,2%
48	Diferencia debido a dos observadores	$\delta \lambda_2$	0	m	BN	N	1,8E-09	m	2,0	9,0E-10	m	50	-3,2E+08	$^{\circ}\text{C}/\text{m}$	1,6%
49	Indicación del instrumento	$\delta t_t$	-7	$^{\circ}\text{C}$	N		4,8E+00	$^{\circ}\text{C}$	2,1	2,3E+00	$^{\circ}\text{C}$	19			100%
50															
51			$\delta t_t =$	-7	$^{\circ}\text{C}$	$U =$		5	$^{\circ}\text{C}$	$t_t =$		807	$^{\circ}\text{C}$		

PEC05 Apéndice 4: Abril 2014

Ejemplo de cálculo de incertidumbre para  $t = 1400^{\circ}\text{C}$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Q
1	EMPRESA / CLIENTE	ZZZZZZ													
2	IDENTIFICACIÓN DEL SERVICIO	OT N° xxxxxx													
3	INSTRUMENTO	L&N 8632C													
4	FECHA DE CALIBRACIÓN	02-Abr-08													
5															
6	<b>DATOS DE MEDICIÓN Y CÁLCULO</b>														
7	Mesurandos	Símb	Valor estimado	Unidad											
8	Termómetro patrón														
9	Identificación lámpara de referencia	C668	1-Dic-00												
10	Identificación resistor asoc. lámp. ref.	R9940													
11	Tensión s/resistencia asoc. lámp. ref.	Vr	1,023963E-01	V											
12	Resistencia asoc / lámp. ref.	Rr	9,999190E-03	$\Omega$											
13	Corriente por lámpara referencia	Ir	10,24045948	A											
14	Longitud de onda (tr) asoc/lámp. ref.	$\lambda_r$	6,5600E-07	m											
15	Temperatura base lámpara referencia	tbr	25	$^{\circ}\text{C}$											
16	Indicación lámpara de referencia	tr	1400,1	$^{\circ}\text{C}$											
17		tr	1673,2	K											
18	Termómetro a calibrar	rango HIGH, observador Marcelo Jiménez													
19	Indicación del termómetro	tt	1412,5	$^{\circ}\text{C}$											
20		tt	1686	K											
21	<b>Datos accesorios</b>														
22	(dt / d $\lambda$ ) (tr) para $\lambda = 655 \text{ nm}$	dt/d $\lambda$	-2,22E+08	$^{\circ}\text{C/m}$											
23	(dt / dTb) (tr) para $\lambda = 655 \text{ nm}$	dt/dTb	2,89E-03	$^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$											
24	(dt / dl) (tr) asoc. lámp. ref.	dt/dl	77,88	$^{\circ}\text{C/A}$											
25	<b>Condiciones ambientales</b>														
26	Humedad relativa ambiente	HRA	58+0	%											
27	Temperatura ambiente	Ta	23,3-0,1	$^{\circ}\text{C}$											
28															
29	<b>BALANCE DE INCERTIDUMBRES EN CALIBRACION</b>														
30	Procedimiento:	PEC05													
31	Calibración de:	Termómetros de radiación de filamento evanescente													
32	Modelo asociado a la medición:														
33	$\delta t_t = t_r - t_t + c_v \delta V_1 + c_v \delta V_2 + c_r \delta R + \delta t_o + \dots + \delta t_5 + \dots$														
34	Fuente de incertidumbre	Símb	Valor estimado	Tipo	Dis	Intervalo ( $\pm$ )	Fac	$u_i$	$v_i$	$c_i$	%				
35	Repetibilidad tensión eléctrica	$\delta V$	0	V	A1	N		1,0E-07	V	5	7789	$^{\circ}\text{C/V}$	0,0%		
36	Exactitud del voltímetro	$\delta V_1$	-1,E-07	V	BR	R	1,0E-05	V	1,7	5,9E-06	V	50	7789	$^{\circ}\text{C/V}$	0,0%
37	Resolución voltímetro	$\delta V_2$	0	V	BR	R	5,0E-08	V	1,7	2,9E-08	V	50	7789	$^{\circ}\text{C/V}$	0,0%
38	Exactitud resistencia de referencia	$\delta R$	0	$\Omega$	BN	N	5,0E-08	$\Omega$	2,0	2,5E-08	$\Omega$	50	79759	$^{\circ}\text{C}/\Omega$	0,0%
39	Estabilidad térmica resistencia ref.	$\delta t_o$	0	$^{\circ}\text{C}$	BN	N	0,003	$^{\circ}\text{C}$	2,0	1,5E-03	$^{\circ}\text{C}$	50	4,E-03	1	0,0%
40	Resolución del termómetro	$\delta t_1$	0	$^{\circ}\text{C}$	BR	R	2,5	$^{\circ}\text{C}$	1,7	1,4E+00	$^{\circ}\text{C}$	50	1	1	24,0%
41	Repetibilidad del termómetro	$\delta t_2$	0	$^{\circ}\text{C}$	A1	N		2,3E+00	$^{\circ}\text{C}$	5	1	1	61,0%		
42	Exactitud de la lámpara de referencia	$\delta t_3$	0	$^{\circ}\text{C}$	A1	N		4,5E-01	$^{\circ}\text{C}$	5	1	1	2,3%		
43	Deriva de la lámpara de referencia	$\delta t_4$	0	$^{\circ}\text{C}$	BR	R	0,73	$^{\circ}\text{C}$	1,7	4,2E-01	$^{\circ}\text{C}$	50	1	1	2,1%
44	Diferencia temperatura base lámpara	$\delta t_5$	0	$^{\circ}\text{C}$	BN	N	0,3	$^{\circ}\text{C}$	2,0	1,5E-01	$^{\circ}\text{C}$	50	0,003	1	0,0%
45	Desalineación angular (lámp-term)	$\delta \alpha$	0	$^{\circ}$	BR	R	2,5	$^{\circ}$	1,7	1,4E+00	$^{\circ}$	50	0,2	$^{\circ}\text{C}/^{\circ}$	1,0%
46	Desalineación longitudinal (lámp-term)	$\delta L$	0	mm	BR	R	0,5	mm	1,7	2,9E-01	mm	50	1,0	$^{\circ}\text{C}/\text{mm}$	1,0%
47	Diferencia de longitud onda (lámp-term)	$\delta \lambda_1$	0	m	BR	R	5,0E-09	m	1,7	2,9E-09	m	50	-2,2E+08	$^{\circ}\text{C}/\text{m}$	4,7%
48	Diferencia debido a dos observadores	$\delta \lambda_2$	0	m	BN	N	1,8E-09	m	2,0	9,0E-10	m	50	6,4E+08	$^{\circ}\text{C}/\text{m}$	3,8%
49	Indicación del instrumento	$\delta t_t$	-12	$^{\circ}\text{C}$	N		6,4E+00	$^{\circ}\text{C}$	2,2	2,9E+00	$^{\circ}\text{C}$	13			100%
50															
51			$\delta t_t = -12,4$	$^{\circ}\text{C}$			$U = 6$	$^{\circ}\text{C}$			$t_t = 1412,5$	$^{\circ}\text{C}$			

PEC05 Apéndice 5: Abril 2014

Ejemplo de cálculo de incertidumbre para  $t = 1600^{\circ}\text{C}$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Q
1	EMPRESA / CLIENTE														
2	IDENTIFICACIÓN DEL SERVICIO														
3	INSTRUMENTO	L&N 8621C													
4	FECHA DE CALIBRACIÓN	Abr-03													
5															
6	<b>DATOS DE MEDICIÓN Y CÁLCULO</b>														
7	Mesurandos	Símb	Valor estimado	Unidad											
8	Termómetro patrón														
9	Identificación lámpara de referencia	C669	15-Ago												
10	Identificación resistor asoc. lámp.ref.	R9941													
11	Tensión s/resistencia asoc. lámp. Ref.	Vr	1.408140E-01	V											
12	Resistencia asoc / lámp. ref.	Rr	9.999267E-03	$\Omega$											
13	Corriente por lámpara referencia	Ir	14.08243224	A											
14	Longitud de onda (tr) asoc/lámp.ref.	$\lambda_r$	6.5284E-07	m											
15	Temperatura base lámpara referencia	tbr	25	$^{\circ}\text{C}$											
16	Indicación lámpara de referencia	tr	1600.1	$^{\circ}\text{C}$											
17		tr	1873	K											
18	Termómetro a calibrar														
19	Indicación del termómetro	tx	1600.0	$^{\circ}\text{C}$											
20		tx	1873	K											
21	<b>Datos accesorios</b>														
22	(dt / d $\lambda$ ) (tr) para $\lambda = 655 \text{ nm}$	dt/d $\lambda$	-2.83E+08	$^{\circ}\text{C}/\text{m}$											
23	(dt / dTb) (tr) para $\lambda = 655 \text{ nm}$	dt/dTb	7.07E-04	$^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$											
24	(dt / dl) (tr) asoc. lámp. ref.	dt/dl	84.56	$^{\circ}\text{C}/\text{A}$											
25	<b>Condiciones ambientales</b>														
26	Humedad relativa ambiente	HRA	50.0												
27	Temperatura ambiente	Ta	25.0	$^{\circ}\text{C}$											
28															
29	<b>BALANCE DE INCERTIDUMBRES EN CALIBRACION</b>														
30	Procedimiento:	PEC05													
31	Calibración de:	Termómetros de radiación de filamento evanescente													
32	Modelo asociado a la medición:														
33	$\delta t = t_r - t_x + c_v \delta V_1 + c_v \delta V_2 + c_R \delta R + \delta t_o + \dots + \delta t_5 + \dots$														
34	Fuente de incertidumbre	Símb	Valor estimado	Tipo	Dis	Intervalo ( $\pm$ )	Fac	$u_i$	$v_i$	$c_i$	%				
35	Repetibilidad tensión eléctrica	$\delta V$	0	V	A1	N		1.0E-07	V	5	8457	$^{\circ}\text{C}/\text{V}$	0.0%		
36	Exactitud del voltímetro	$\delta V_1$	0	V	BR	R	1.3E-05	V	1.7	7.7E-06	V	50	8457	$^{\circ}\text{C}/\text{V}$	0.0%
37	Resolución voltímetro	$\delta V_2$	0	V	BR	R	5.0E-08	V	1.7	2.9E-08	V	50	8457	$^{\circ}\text{C}/\text{V}$	0.0%
38	Exactitud resistencia de referencia	$\delta R$	0	$\Omega$	BN	N	2.3E-08	$\Omega$	2.0	1.2E-08	$\Omega$	50	119094	$^{\circ}\text{C}/\Omega$	0.0%
39	Estabilidad térmica resistencia ref.	$\delta t_o$	0	$^{\circ}\text{C}$	BN	N	0.003	$^{\circ}\text{C}$	2.0	1.5E-03	$^{\circ}\text{C}$	50	6.E-03	1	0.0%
40	Resolución del termómetro	$\delta t_1$	0	$^{\circ}\text{C}$	BR	R	2.5	$^{\circ}\text{C}$	1.7	1.4E+00	$^{\circ}\text{C}$	50	1	1	24.7%
41	Repetibilidad del termómetro	$\delta t_2$	0	$^{\circ}\text{C}$	A1	N		5.0E-01	$^{\circ}\text{C}$	5	1	1	3.0%		
42	Exactitud de la lámpara de referencia	$\delta t_3$	0	$^{\circ}\text{C}$	A1	N		6.5E-01	$^{\circ}\text{C}$	5	1	1	5.0%		
43	Deriva de la lámpara de referencia	$\delta t_4$	0	$^{\circ}\text{C}$	BR	R	1.60	$^{\circ}\text{C}$	1.7	9.2E-01	$^{\circ}\text{C}$	50	1	1	10.1%
44	Diferencia temperatura base lámpara	$\delta t_5$	0	$^{\circ}\text{C}$	BN	N	0.3	$^{\circ}\text{C}$	2.0	1.5E-01	$^{\circ}\text{C}$	50	0.001	1	0.0%
45	Desalineación angular (lámp-term)	$\delta \alpha$	0	$^{\circ}$	BR	R	2.5	$^{\circ}$	1.7	1.4E+00	$^{\circ}$	50	0.2	$^{\circ}\text{C}/^{\circ}$	1.0%
46	Desalineación longitudinal (lámp-term)	$\delta L$	0	mm	BR	R	0.5	mm	1.7	2.9E-01	mm	50	6.0	$^{\circ}\text{C}/\text{mm}$	35.6%
47	Diferencia de longitud onda (lámp-term)	$\delta \lambda_1$	0	m	BR	R	5.0E-09	m	1.7	2.9E-09	m	50	-2.8E+08	$^{\circ}\text{C}/\text{m}$	7.9%
48	Diferencia debido a dos observadores	$\delta \lambda_2$	0	m	BN	N	1.8E-09	m	2.0	9.0E-10	m	50	1.1E+09	$^{\circ}\text{C}/\text{m}$	12.7%
49	Indicación del instrumento	$\delta t$	0	$^{\circ}\text{C}$	N	N	5.7E+00	$^{\circ}\text{C}$	2.0	2.9E+00	$^{\circ}\text{C}$	197			100%
50															
51	$\delta t = 0 \quad ^{\circ}\text{C} \quad U = 6 \quad ^{\circ}\text{C} \quad t_t = 1600 \quad ^{\circ}\text{C}$														

PEC05 Apéndice 6: Abril 2014

**Ejemplo de cálculo de incertidumbre para  $t = 2200^{\circ}\text{C}$**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Q	
1	<b>EMPRESA / CLIENTE</b>															
2	<b>IDENTIFICACIÓN DEL SERVICIO</b>															
3	<b>INSTRUMENTO</b> L&N 8621C															
4	<b>FECHA DE CALIBRACIÓN</b> Abr-03															
5																
6	<b>DATOS DE MEDICIÓN Y CÁLCULO</b>															
7	<b>Mesurandos</b>		<b>Símb</b>	<b>Valor estimado</b>		<b>Unidad</b>										
8	<b>Termómetro patrón</b>															
9	Identificación lámpara de referencia		C669	15-Ago												
10	Identificación resistor asoc. lámp.ref.		R9941													
11	Tensión s/resistencia asoc. lámp. Ref.		Vr	2.243100E-01		V										
12	Resistencia asoc / lámp. ref.		Rr	9.999267E-03		$\Omega$										
13	Corriente por lámpara referencia		Ir	22.43264431		A										
14	Longitud de onda (tr) asoc/lámp.ref.		$\lambda_r$	6.5268E-07		m										
15	Temperatura base lámpara referencia		tbr	25		$^{\circ}\text{C}$										
16	Indicación lámpara de referencia		tr	2200.1		$^{\circ}\text{C}$										
17			tr	2473		K										
18	<b>Termómetro a calibrar</b>															
19	Indicación del termómetro		tx	2200.0		$^{\circ}\text{C}$										
20			tx	2473		K										
21	<b>Datos accesorios</b>															
22	(dt / d $\lambda$ ) (tr) para $\lambda = 655 \text{ nm}$		dt/d $\lambda$	-5.14E+08		$^{\circ}\text{C}/\text{m}$										
23	(dt / dTb) (tr) para $\lambda = 655 \text{ nm}$		dt/dTb	1.03E-05		$^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$										
24	(dt / dl) (tr) asoc. lámp. ref.		dt/dl	63.09		$^{\circ}\text{C}/\text{A}$										
25	<b>Condiciones ambientales</b>															
26	Humedad relativa ambiente		HRA	50.0												
27	Temperatura ambiente		Ta	25.0		$^{\circ}\text{C}$										
28																
29	<b>BALANCE DE INCERTIDUMBRES EN CALIBRACION</b>															
30	Procedimiento: PEC05															
31	Calibración de: Termómetros de radiación de filamento evanescente															
32	Modelo asociado a la medición:															
33	$\delta t = t_r - t_x + c_v \delta V_1 + c_v \delta V_2 + c_R \delta R + \delta t_o + \dots + \delta t_5 + \dots$															
34	<b>Fuente de incertidumbre</b>		<b>Símb</b>	<b>Valor estimado</b>	<b>Tipo</b>	<b>Dis</b>	<b>Intervalo (<math>\pm</math>)</b>		<b>Fac</b>	<b><math>u_i</math></b>	<b><math>v_i</math></b>	<b><math>c_i</math></b>	<b>%</b>			
35	Repetibilidad tensión eléctrica		$\delta V$	0	V	A1	N			1.0E-07	V	5	6309	$^{\circ}\text{C}/\text{V}$	0.0%	
36	Exactitud del voltímetro		$\delta V_1$	0	V	BR	R	2.0E-05	V	1.7	1.2E-05	V	50	6309	$^{\circ}\text{C}/\text{V}$	0.0%
37	Resolución voltímetro		$\delta V_2$	0	V	BR	R	5.0E-08	V	1.7	2.9E-08	V	50	6309	$^{\circ}\text{C}/\text{V}$	0.0%
38	Exactitud resistencia de referencia		$\delta R$	0	$\Omega$	BN	N	2.3E-08	$\Omega$	2.0	1.2E-08	$\Omega$	50	141531	$^{\circ}\text{C}/\Omega$	0.0%
39	Estabilidad térmica resistencia ref.		$\delta t_o$	0	$^{\circ}\text{C}$	BN	N	0.003	$^{\circ}\text{C}$	2.0	1.5E-03	$^{\circ}\text{C}$	50	7.E-03	1	0.0%
40	Resolución del termómetro		$\delta t_1$	0	$^{\circ}\text{C}$	BR	R	5.0	$^{\circ}\text{C}$	1.7	2.9E+00	$^{\circ}\text{C}$	50	1	1	33.4%
41	Repetibilidad del termómetro		$\delta t_2$	0	$^{\circ}\text{C}$	A1	N			5.0E-01	$^{\circ}\text{C}$	5	1	1	1.0%	
42	Exactitud de la lámpara de referencia		$\delta t_3$	0	$^{\circ}\text{C}$	A1	N			1.4E+00	$^{\circ}\text{C}$	5	1	1	7.3%	
43	Deriva de la lámpara de referencia		$\delta t_4$	0	$^{\circ}\text{C}$	BR	R	1.60	$^{\circ}\text{C}$	1.7	9.2E-01	$^{\circ}\text{C}$	50	1	1	3.4%
44	Diferencia temperatura base lámpara		$\delta t_5$	0	$^{\circ}\text{C}$	BN	N	0.3	$^{\circ}\text{C}$	2.0	1.5E-01	$^{\circ}\text{C}$	50	0.000	1	0.0%
45	Desalineación angular (lámp-term)		$\delta \alpha$	0	$^{\circ}$	BR	R	2.5	$^{\circ}$	1.7	1.4E+00	$^{\circ}$	50	0.2	$^{\circ}\text{C}/^{\circ}$	0.3%
46	Desalineación longitudinal (lámp-term)		$\delta L$	0	mm	BR	R	0.5	mm	1.7	2.9E-01	mm	50	6.0	$^{\circ}\text{C}/\text{mm}$	12.0%
47	Diferencia de longitud onda (lámp-term)		$\delta \lambda_1$	0	m	BR	R	5.0E-09	m	1.7	2.9E-09	m	50	-5.1E+08	$^{\circ}\text{C}/\text{m}$	8.8%
48	Diferencia debido a dos observadores		$\delta \lambda_2$	0	m	BN	N	1.8E-09	m	2.0	9.0E-10	m	50	3.2E+09	$^{\circ}\text{C}/\text{m}$	33.6%
49	Indicación del instrumento		$\delta t$	0	$^{\circ}\text{C}$	N	N	9.9E+00	$^{\circ}\text{C}$	2.0	5.0E+00	$^{\circ}\text{C}$	165			100%
50																
51			$\delta t =$	0	$^{\circ}\text{C}$	$U =$		10	$^{\circ}\text{C}$	$t_t =$		2200	$^{\circ}\text{C}$			

PEC05 Apéndice 7: Abril 2014

**Ejemplo de informe de calibración**



**INTI**

Instituto Nacional  
de Tecnología Industrial

OT N° FM-102- Unico  
N° de páginas del certificado: 3

## Certificado de calibración / medición

<b>Objeto</b>	Un termómetro de radiación
<b>Fabricante / Marca</b>	Leeds & Northrup
<b>Modelo / Número de serie</b>	8632-C / 1851553
<b>Determinaciones requeridas</b>	Calibración en valores próximos a 800, 1000, 1200, 1400 y 1500 °C.
<b>Fecha de calibración</b>	Abril de 2008.
<b>Solicitante</b>	

Buenos Aires, 8 de Abril de 2008



**L.C. MARCELO JIMÉNEZ R.**  
U. T. CALOR  
FISICA y METROLOGIA



**Dr. HÉCTOR M. LAIZ**  
DIRECTOR TÉCNICO  
INTI - FISICA y METROLOGIA

Este certificado documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, los cuales representan a las unidades de medida en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del INTI. Los resultados se refieren exclusivamente a los elementos recibidos, el INTI declina toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este certificado.

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren a las condiciones en que se realizaron las mediciones.

El usuario es responsable de la calibración a intervalos apropiados.





Instituto Nacional  
de Tecnología Industrial

INTI

OT N° FM-102-

Unico  
Página 2

#### Metodología empleada

Por comparación con una lámpara pirométrica, patrón de temperatura de radiancia espectral.

De acuerdo con el procedimiento PEC05, ref: [http://www.inti.gov.ar/fisicaymetrologia/sis\\_pcc.htm](http://www.inti.gov.ar/fisicaymetrologia/sis_pcc.htm).

#### Condiciones de calibración

Distancia entre fuente y termómetro = 0,4 m

Tamaño de la fuente = 1,5 mm

Longitud de onda de operación del termómetro:  $646 \text{ nm} \leq \lambda \leq 666 \text{ nm}$  (se asume).

Con los elementos ópticos del termómetro limpios.

#### Condiciones ambientales

Temperatura =  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ .

Humedad relativa < 80 %

#### Resultados

Indicación (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre (°C)
<b>Rango = LOW</b>		
808	- 8	5
1008	- 8	5
1207	- 7	5
<b>Rango = HIGH</b>		
1412	- 12	6
1512	- 12	7

#### Observaciones

Los valores de temperatura, según la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (Ref.: "Metrología" 27, 3-10, 1990), se obtienen sumando algebraicamente los correspondientes a la "Indicación" y a la "Corrección".

La incertidumbre de medición expandida informada, fue calculada multiplicando la incertidumbre estándar combinada por un factor de cubrimiento  $k \approx 2$ , que corresponde a un nivel de confianza del 95%, bajo distribución normal.

El usuario es responsable de la calibración del objeto a intervalos apropiados.



La reproducción y difusión del presente certificado se hallan sujetas a las cláusulas obrantes en la primera foja, anverso y reverso.



Instituto Nacional  
de Tecnología Industrial

INTI

OT N° FM-102- Unico  
Página 3

El INTI es el máximo órgano técnico de la República Argentina en el campo de la Metrología. Es función legal del INTI la realización y mantenimiento de los patrones de las unidades de medida, conforme al Sistema Internacional de Unidades (SI), así como su disseminación en los ámbitos de la metrología científica, industrial y legal, constituyendo la cúspide de la pirámide de trazabilidad metrológica en la República Argentina. Los Certificados de Calibración/Medición emitidos por el INTI y por los Institutos Designados por el INTI en las magnitudes no cubiertas por éste, garantizan que el elemento calibrado posee trazabilidad a los patrones nacionales realizados y mantenidos por el propio INTI y los Institutos Designados por el INTI.

Con el fin de asegurar la validez, coherencia y equivalencia internacional de sus mediciones, el INTI, como miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM), participa junto con otros Institutos Nacionales de Metrología en comparaciones interlaboratorios organizadas por las diferentes Organizaciones Metrológicas Regionales (OMR) o por el propio Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM), a través de sus Comités Consultivos.

El INTI es asimismo firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de Patrones Nacionales de Medida y Certificados de Calibración y de Medición emitidos por los Institutos Nacionales de Metrología (CIPM-MRA), redactado por el Comité Internacional de Pesas y Medidas, por el que todos los Institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus Certificados de Calibración y de Medición para las magnitudes, campos e incertidumbres especificados en el Apéndice C del Acuerdo, el cual refleja las Capacidades de Medición y Calibración (CMC) aceptadas a nivel internacional, soportadas por comparaciones internacionales y realizadas bajo un sistema de gestión de la calidad basado en la norma ISO/IEC 17025. Este Acuerdo constituye la respuesta a la creciente necesidad de un esquema abierto, amplio y transparente para brindar a los usuarios información cuantitativa confiable sobre la comparabilidad de los servicios nacionales de metrología, proporcionando la base técnica para acuerdos más amplios en el comercio internacional y en los ámbitos reglamentados.

Las CMCs declaradas por cada participante del CIPM-MRA son aceptadas por los demás mediante un complejo procedimiento de evaluaciones, que en cada caso puede demandar varios años de actividad, hasta llegar a ser incorporadas en el Apéndice C de la base de datos que mantiene la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (Bureau International des Poids et Mesures - BIPM) en el sitio web <http://www.bipm.org>. Desde la firma del Acuerdo en 1999 hasta la fecha, el INTI ya ha presentado sus CMCs más relevantes en todas las magnitudes y continúa ampliando sus declaraciones.

Fin del Certificado

#### INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

- ▶ En Buenos Aires  
[fisicaymetrologia@inti.gov.ar](mailto:fisicaymetrologia@inti.gov.ar) · [electronicaeinformatica@inti.gov.ar](mailto:electronicaeinformatica@inti.gov.ar) · [mecanica@inti.gov.ar](mailto:mecanica@inti.gov.ar)  
Colectora de Av. Gral. Paz 5445, e/ Albarillos y Av. de los Constituyentes - CC 157 (B1650WAB) - San Martín, Prov. de Buenos Aires, Argentina.  
Tel. 54 011 4724-6200 / 6300 / 6400.
- ▶ En Córdoba  
[cba@inti.gov.ar](mailto:cba@inti.gov.ar)  
Av. Vélez Sársfield 1561 - CC 884 (X5000JKC) Córdoba, Prov. de Córdoba, Argentina. Tel.: 54 0351 469-8304 / 684835 Fax: 54 0351 4699459.
- ▶ En Rafaela  
[raf@inti.gov.ar](mailto:raf@inti.gov.ar)  
Ruta Nacional 34 km 227,6 · (S2300WAC) Rafaela, Prov. de Santa Fe, Argentina. Telefax: 54 03492 440471.
- ▶ En Rosario  
[ros@inti.gov.ar](mailto:ros@inti.gov.ar)  
Edificio INTI Esmeralda y Ocampo (S2000FHQ) Rosario - Prov. de Santa Fe, Argentina. Telefax: 54 0341 481-5976 / 482-3283 / 482-1030.
- ▶ En cualquier otro lugar del país: consultar sin cargo al 0800-444-4004, a [consultas@inti.gov.ar](mailto:consultas@inti.gov.ar) o en [www.inti.gov.ar](http://www.inti.gov.ar).



La reproducción y difusión del presente certificado se hallan sujetas a las cláusulas obrantes en la primera foja, anverso y reverso.