

**Participación de INTI en las comparaciones clave del CIPM K3a de intensidad luminosa y K4 de flujo luminoso**

*Participation of INTI in CIPM key comparison K3a of luminous intensity and K4 of luminous flux*

**Jorge A. Cogno**

Departamento de Patrones Nacionales de Medida - DPNM

Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI  
C.C. 157 - 1650 San Martín - Buenos Aires Argentina  
Fax 54 11 4713 5311, [jacogno@inti.gov.ar](mailto:jacogno@inti.gov.ar)

El Comité Consultivo de Fotometría y Radiometría (CCPR) realizó en 1985 su última comparación de la unidad mantenida de intensidad luminosa y de flujo luminoso, actuando el Bureau Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) como laboratorio piloto. Desde ese entonces se desarrolló el concepto de las comparaciones claves del Comité Internacional de Pesas y Medidas de acuerdo a lineamientos tendientes a asegurar la equivalencia de los valores asignados a los patrones de transferencia por los distintos Institutos Nacionales de Metrología.

De acuerdo con este concepto, el CCPR resolvió promover la organización de dos comparaciones claves del CIPM, para las unidades mantenidas de intensidad luminosa y de flujo luminoso, caracterizadas por los códigos K3a y K4, respectivamente. La evaluación de la equivalencia mutua entre los Laboratorios Nacionales de Metrología (LNM) tuvo prioridad respecto del enfoque tradicional del CCPR (demostración de las capacidades de realización de acuerdo a las definiciones del Sistema Internacional SI).

La organización de ambas comparaciones siguió una estructura estrella, actuando el PTB como laboratorio piloto. Cada participante usó sus propios patrones de transferencia. Los LNM participantes en ambas comparaciones fueron BNM-INM (Francia), CSIR (Sudáfrica), CSIRO (Australia), ETL (Japón), IEN (Italia), IFA (España), INTI (Argentina), NIM(China), NIST (USA), NPL (Reino Unido), NRC (Canadá), OFMET (Suiza), OMH (Hungría), PTB (Alemania), SMU (Eslovaquia), VNIIOFI (Rusia), y el BIPM.

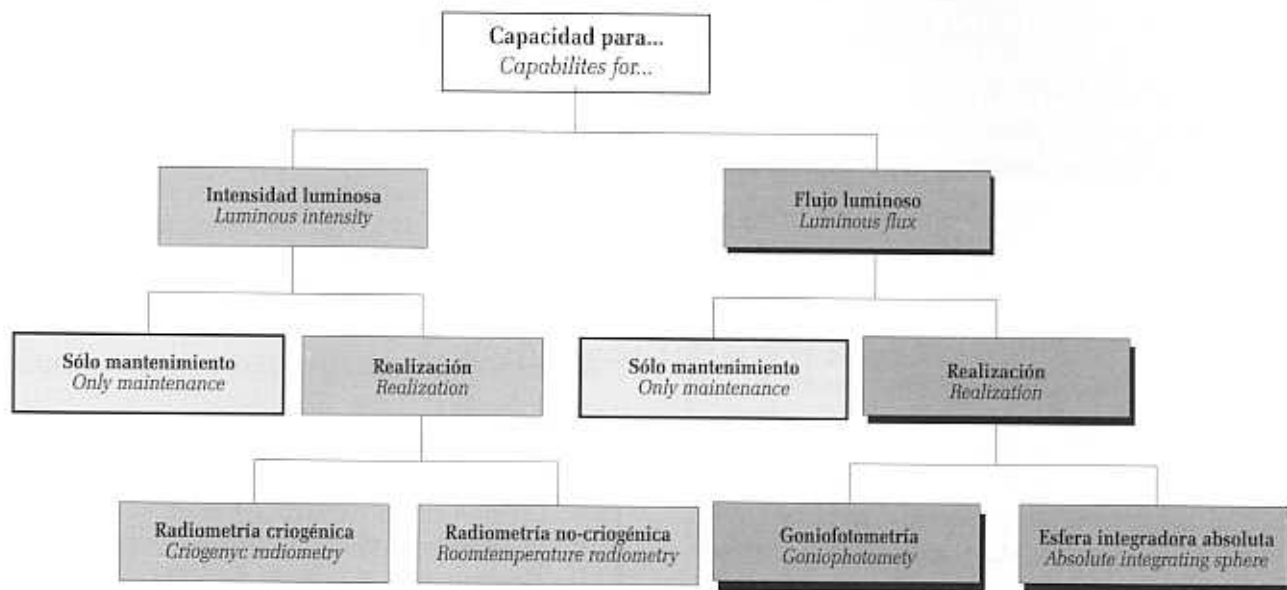
Los participantes presentaron diversas capacidades de medición, que se clasifican de la siguiente manera:

*The Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie (CCPR) carried out in 1985 its last comparison of maintained units of luminous intensity and luminous flux with the Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) acting as pilot laboratory. In the meantime, the concept of CIPM key comparisons evolved according to guidelines designed to ensure the equivalence of values assigned to transfer standards by different National Metrology Institutes (NMIs).*

*According to this concept, under the CCPR the organization of two CIPM key comparisons of the maintained units of luminous intensity and luminous flux units characterized by numbers K3a and K4, respectively, was decided. The assessment of mutual equivalence between NMIs, as required by the MRA was given priority over the traditional approach of CCPR (demonstration of realization capabilities following the definitions of SI).*

*The organization of both comparisons followed a star type structure, acting PTB as the pilot laboratory. For each participant his own transfer standards were used. The NMIs taking part in both comparisons were BNM-INM (France), CSIR (South Africa), CSIRO (Australia), ETL (Japan), IEN (Italy), IFA (Spain), INTI (Argentina), NIM(China), NIST (USA), NPL(UK), NRC (Canada), OFMET (Switzerland), OMH (Hungary), PTB (Germany), SMU (Slovakia), VNIIOFI (Russia), and BIPM.*

*The participants had different measurement capabilities which can be classified as follows:*



## Resultados generales

Las diferentes capacidades para la realización y el mantenimiento de la unidad de intensidad luminosa y de la unidad de flujo luminoso dieron como resultado un amplio rango de incertidumbres estimadas por cada LNM. En la Tabla 1 se resume el rango de valores de las incertidumbres declaradas para la realización y/o el mantenimiento ( $u_{rel}(\text{unit})$ ) y para la transferencia ( $u_{rel}(\text{transfer})$ ), además de la homogeneidad del batch ( $u_{rel}(\text{homog})$ ) y la repetibilidad del batch ( $u_{rel}(\text{batch})$ ) declaradas por el laboratorio piloto.

La línea base de la incertidumbre de la comparación ( $u_{rel}(k3a,k4)$ ), calculada de acuerdo a la Ec. (1) es de  $1.3E-03$  y de  $1.9E-03$  para intensidad luminosa y para flujo luminoso, respectivamente. Pero dado que se establecieron valores de corte de  $2.5E-03$  y  $3.0E-03$  para  $u_{rel}(\text{unit})$  para intensidad luminosa y flujo luminoso, respectivamente, la línea base de incertidumbre incluyendo esos valores de corte se estima en  $2.6E-03$  y  $3.1E-03$ .

## Overall results

Those different capabilities for the realization and maintenance of the luminous intensity and luminous flux units result in a widespread range of uncertainties estimated by each NMI. Table 1 summarizes the range of values for claimed uncertainties for realization and/or maintenance ( $u_{rel}(\text{unit})$ ) and for transfer ( $u_{rel}(\text{transfer})$ ), plus the batch homogeneity ( $u_{rel}(\text{homog})$ ) and batch repeatability ( $u_{rel}(\text{batch})$ ) declared by the pilot laboratory.

The baseline uncertainty of the comparisons ( $u_{rel}(k3a,k4)$ ), calculated following Eq. (1) amounts for  $1.3E-03$  and  $1.9E-03$  for luminous intensity and luminous flux, respectively. But since cut-off values of  $2.5E-03$  and  $3.0E-03$  were established for  $u_{rel}(\text{unit})$  for luminous intensity and luminous flux, respectively, baseline uncertainties including cut-off of  $2.6E-03$  and  $3.1E-03$  might be estimated.

$$U_{rel}(k3a,k4) = \text{sqrt}(\min(u_{rel}(\text{unit})^{**2}) + \min(u_{rel}(\text{transfer})^{**2}) + \min(u_{rel}(\text{homog})^{**2}) + \min(u_{rel}(\text{batch})^{**2})) \quad (1)$$

concepto	origen	símbolo	Rango de valores para los LNM			
			I		Φ	
			mínimo	máximo	mínimo	máximo
Realización / mantenimiento	LNM	$u_{rel}(\text{unit})$	1.0E-03 (corte 2.5E-03)	6.2E-03	1.7E-03 (corte 3.0E-03)	1.0E-02
Transferencia	LNM	$u_{rel}(\text{transfer})$	5.8E-04	3.2E-03	5.8E-04	3.6E-03
Homogeneidad de batch	piloto	$u_{rel}(\text{homog})$	3.3E-04	1.6E-03	3.6E-05	1.3E-03
Repetibilidad de batch	piloto	$u_{rel}(\text{batch})$	5.8E-04		5.8E-04	
Línea de base de incertidumbre de la comparación, $u_{rel}(k3a,k4)$			1.3E-03		1.9E-03	
Idem incluyendo corte			2.6E-03		3.1E-03	

Tabla 1 : Evaluación de las incertidumbres relativas de las comparaciones K3a y K4

concept	source	symbol	Range of values for NMIs			
			I		Φ	
			minimum	maximum	minimum	maximum
Realization / maintenance	NMI	$u_{rel}(\text{unit})$	1.0E-03 (cut-off 2.5E-03)	6.2E-03	1.7E-03 (cut-off 3.0E-03)	1.0E-02
Transfer	NMI	$u_{rel}(\text{transfer})$	5.8E-04	3.2E-03	5.8E-04	3.6E-03
Batch homogeneity	pilot	$u_{rel}(\text{homog})$	3.3E-04	1.6E-03	3.6E-05	1.3E-03
Batch repeatability	pilot	$u_{rel}(\text{batch})$	5.8E-04		5.8E-04	
Baseline uncertainty of comparison, $u_{rel}(k3a,k4)$			1.3E-03		1.9E-03	
Idem including cut-off			2.6E-03		3.1E-03	

Table 1: Evaluation of relative uncertainties involved in comparisons K3a and K4

Dado que la realización del lumen por parte de los LNM es a través de la derivación directa de la candela, debería observarse una relación obvia entre las incertidumbres declaradas para ambas magnitudes. La Figura 1 grafica las incertidumbres declaradas por cada LNM para los lotes de patrones de intensidad luminosa y de flujo luminoso entregados al laboratorio piloto.

*Since those NMIs that realize the lumen do so by direct derivation from the candela, there must be an obvious relationship between the stated uncertainties of both magnitudes. Figure 1 shows the uncertainties claimed by each NMI for the batches of intensity standards and luminous flux standards supplied to the pilot laboratory.*

$$(u_{rel}(\text{intensity, flux}) = \text{sqrt}(u_{rel}(\text{unit})^{**2} + u_{rel}(\text{transfer})^{**2}))$$

Tal como se esperaría, la mayoría de los LNM se ubican próximos a la recta de pendiente igual a 1, tres de los LNM se ubican claramente sobre esa recta (ninguno de ellos declara una derivación directa de la candela al lumen) y dos LNM se ubican sorpresivamente debajo de la recta de pendiente igual a 1 (uno de esos LNM declara una derivación directa del lumen desde la candela).

*Most NMIs lie close to slope = 1, as expected, three of them lie clearly above (none of those claiming a direct derivation of the lumen from the candela), and two of them lie unexpectedly below (one of them claiming a direct derivation of the lumen from the candela).*

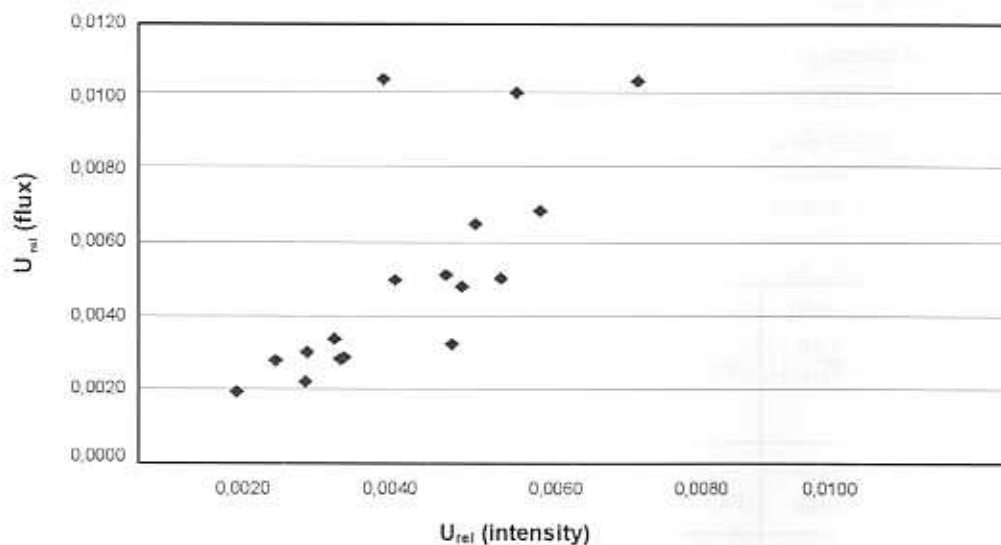


Figura 1: Comparación entre las incertidumbres relativas declaradas por cada participante para los lotes entregados al PTB (incertidumbres combinadas para la realización/mantenimiento y transferencia en cada caso)

*Figure 1: Comparison between relative uncertainties claimed for each participant for the batches supplied to PTB (combined uncertainties from realization/maintenance and transfer in each case)*

### Evaluación de los resultados obtenidos por INTI

INTI envió a la comparación cuatro lámparas OSRAM Wī 41/g patrones de intensidad luminosa y tres lámparas OSRAM Wī 40/g patrones de flujo luminoso. Los resultados obtenidos se resumen de la manera siguiente:

### Assessment of the results obtained by INTI

*INTI sent to the comparison four OSRAM Wī 41/g luminous intensity standard lamps and three OSRAM Wī 40/globe luminous flux standard lamps. Results obtained can be summarized as follows:*

LAMP. NR.	MAGNITUD CUANTIDAD	CORRIENTE (U) (A) CURRENT (U) (A)	$U_{INTI} / U_{PTB}$
3858	Intensidad <i>Intensity</i>	5.8440	1.00022
3860	Intensidad <i>Intensity</i>	5.7540	1.00016
4159	Intensidad <i>Intensity</i>	5.8700	1.00047
4160	Intensidad <i>Intensity</i>	5.8500	1.00010
Promedio aritmético <i>arithmetic mean</i>			1.00024
437	Flujo <i>flux</i>	1.9300	1.00054
447	Flujo <i>flux</i>	1.9300	0.99989
448	Flujo <i>flux</i>	1.9300	0.99987
Promedio aritmético <i>arithmetic mean</i>			1.00010

Tabla 2: Desviaciones en la mediciones de magnitudes eléctricas de los patrones del INTI entre el INTI y el Laboratorio piloto

*Table 2: Deviations in measurement of electrical magnitudes of INTI standards between INTI and pilot Laboratory*

## Conclusiones

Las diferencias entre las realizaciones de la candela y del lumen en INTI y los respectivos KCRV (valores de referencia de la comparación clave) establecidos por las comparaciones k3a y k4 están dentro de las incertidumbres declaradas por INTI para la realización de dichas magnitudes.

## Conclusions

*Differences between candela and lumen realized at INTI and the respective KCRV established by comparisons k3a and k4 are within uncertainties claimed by INTI for the realization of each magnitude.*

magnitud	Diferencia entre INTI y el KCRV	$u_{rel}(\text{unit})$ declarada por INTI	Incertidumbre estimada del KCRV
<i>magnitude</i>	<i>Difference between INTI and KCRV</i>	<i><math>u_{rel}(\text{unit})</math> claimed by INTI</i>	<i>Estimated uncertainty of KCRV</i>
I	-2.0E-03	3.5E-03	1.3E-03 – 2.6E-03
$\Phi$	-3.8E-03	4.9E-03	1.9E-03 – 3.1E-03