

# AMPLIACIÓN DE LAS CAPACIDADES DE MEDICIÓN DEL PATRÓN NACIONAL DE FLUJO RADIANTE HACIA EL INFRARROJO Y SU IMPACTO EN LA CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE POTENCIA ÓPTICA PARA TELECOMUNICACIONES

Zeus E. Ruiz, Juan M. Ortiz-Meléndez y Héctor A. Castillo-Matadamas.  
 Centro Nacional de Metrología (CENAM)  
 km 4.5 Carretera a los Cués, Municipio El Marqués, Qro. C.P. 76246 México.  
 Tel. 442 211 05 00 ext. 3354. correo electrónico: zruiz@cenam.mx

**Resumen:** En este trabajo se describe la ampliación de las capacidades de medición del patrón nacional de flujo radiante del Centro Nacional de Metrología hacia el infrarrojo cercano y su aplicación directa en la calibración de medidores de potencia óptica para telecomunicaciones específicamente a las longitudes de onda de 1 550 nm y 1 610 nm a 100 μw de potencia. El sistema implementado fue utilizado para la calibración de 1 medidor de potencia de InGaAs y un detector piroeléctrico los cuales fungen como patrones en la calibración de medidores de potencia óptica y con los cuales se obtienen una mejoría en la exactitud de medida así como en su incertidumbre asociada.

## 1. INTRODUCCIÓN

Cuantificar adecuadamente la potencia de una radiación óptica transmitida a través de un sistema de comunicación basado en fibra óptica es una situación indispensable al verificar el correcto funcionamiento de un enlace óptico. Siendo el medidor de potencia óptica el instrumento más utilizado durante la instalación y mantenimiento de una red, la exactitud del instrumento y la calibración del mismo se vuelven parámetros críticos.

En México, las mediciones en potencia óptica tienen trazabilidad al watt óptico, unidad del Sistema Internacional de Unidades SI, a través del Patrón Nacional de Flujo Radiante (CNM-PNF-12).

El patrón nacional de flujo radiante es materializado a través del radiómetro criogénico mantenido en CENAM. El radiómetro criogénico es capaz de medir la potencia óptica de manera absoluta y su principio de medición es la sustitución eléctrica/óptica. Normalmente las calibraciones se realizan mediante un láser estabilizado a una longitud de onda de 633 nm. Sin embargo, con la intención de mejorar las capacidades de medición, se han realizado trabajos para ampliar el alcance de medida hacia el infrarrojo cercano incluyendo las longitudes de onda de 1 550 nm y 1 610 nm, las cuales son indispensables en el área de las telecomunicaciones [1].

## 2. DESARROLLO

### 2.1. Sistema de calibración de detectores en potencia óptica a 1 550 nm y 1 610 nm

El proceso de calibración de detectores en potencia óptica se basa en el método de comparación directa. El resultado se obtiene a partir del factor de corrección, FC, de acuerdo a la siguiente ecuación [2]:

$$FC = \frac{P_{patrón}}{P_{prueba}} \tag{1}$$

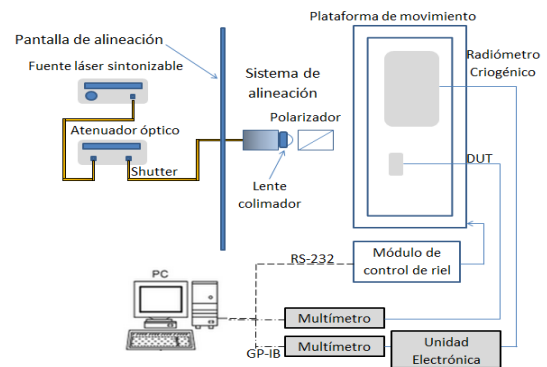
Donde:

FC: factor de corrección

$P_{patrón}$ : potencia medida por el patrón

$P_{prueba}$ : potencia medida por el detector bajo calibración

El sistema implementado se muestra en la figura 1



**Fig. 1.** Sistema de calibración con el radiómetro criogénico.

### 2.2. Sistema de calibración de medidores de potencia óptica en las ventanas de telecomunicaciones

El proceso de calibración de medidores de potencia óptica (MPO's) también se basa en la comparación directa entre las mediciones realizadas con el patrón y el detector bajo calibración, obteniendo un factor de corrección de acuerdo a la siguiente ecuación [3]:

$$FC_{MPO} = \frac{P_{patrón} \cdot P_{monitor2}}{P_{prueba} \cdot P_{monitor1}} \quad (2)$$

Donde:

- $FC_{MPO}$ : factor de corrección del MPO
- $P_{patrón}$ : medición del detector patrón
- $P_{prueba}$ : medición del MPO bajo calibración
- $P_{monitor1}$ : medición del detector de monitoreo cuando  $P_{patrón}$  es leída
- $P_{monitor2}$ : medición del detector de monitoreo cuando  $P_{prueba}$  es leída

El sistema implementado se muestra en la figura 2

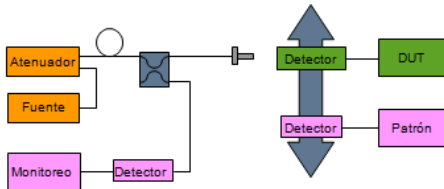


Fig. 2. Sistema de calibración de MPO's.

### 3. RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados de la calibración del detector piroeléctrico a 1 550 nm y 1 610 nm, así como las fuentes de incertidumbre más representativas.

Tabla. 1. Resultado de la calibración del piroeléctrico.

Longitud de onda nominal $\lambda$	Factor de Corrección (FC)	Incertidumbre relativa expandida (k=2.02)
1 550 nm	1.012 8	0.25
1 610 nm	1.015 1	0.25

Tabla. 2. Presupuesto de incertidumbre en la calibración del piroeléctrico.

Fuente	Tipo/Distribución	Incert Estandar	Coef Sens	Unidad	Coef Sens	Contribución
Rep./reproducibilidad/c entrada	A/Normal k=1	6.99E-04	1.00E+00	adim		6.99E-04
Transmitancia	A/Normal k=1	2.45E-04	1.00E+00	adim		2.45E-04
Absorbancia	B/Normal k=1	1.00E-04	1.00E+00	adim		1.00E-04
Resolución (P <sub>pc</sub> )	B/Rectangular k=1	7.07E-10	1.00E+04	1/W		7.07E-06
Medición radiómetro	normal	3.34E-08	1.00E+04	1/W		3.35E-04
Medición Piroeléctrico	B/Normal k=2	9.51E-08	1.00E+04	1/W		9.52E-04
				u		1.26E-03
				U		2.54E-03
				%		0.250%

A continuación se muestran los resultados de la calibración del medidor de potencia de InGaAs.

Tabla. 3. Resultado de la calibración del MPO.

Longitud de onda nominal $\lambda$	Factor de Corrección (FC)	Incertidumbre relativa expandida (k=2.02)
1 550 nm	0.9831	0.22
1 610 nm	0.9881	0.33

### 4. DISCUSIÓN

Al comparar el factor de corrección a 633 nm (FC:1.012 2) y los factores de corrección obtenidos a 1 550 nm y 1 610 nm del detector piroeléctrico se observa un comportamiento espectralmente lineal ya que el valor es prácticamente el mismo. Las pequeñas diferencias encontradas entre ellos están cubiertas por sus incertidumbres. Esta situación permitirá ampliar las capacidades de medición del detector no solo en los puntos medidos sino también a longitudes de onda cercanas a estos puntos.

La calibración del medidor de potencia de InGaAs usando el radiómetro criogénico como patrón de medida permitirá la disminución del nivel de incertidumbre de 0.81% a 0.33%, incluso considerando el peor de los escenarios que es a 1 610 nm donde el detector debido a la responsividad del material presenta una pendiente muy abrupta. Adicionalmente este nuevo arreglo permite eliminar un eslabón en la cadena de trazabilidad impactando de manera significativa en el presupuesto de incertidumbre de los servicios de calibración atendiendo de mejor manera a la demanda actual y las necesidades del país.

### 5. CONCLUSIONES

El trabajo muestra la ampliación de las capacidades de medición del radiómetro criogénico hacia el infrarrojo así como el impacto que tiene esta ampliación en la calibración de medidores de potencia óptica al disminuir la incertidumbre de medida. Esta mejora puede ser utilizada no solo en el área de las telecomunicaciones sino en beneficio de otros sistemas de medición como lo es el sistema de calibración de medidores de radiación solar a través de la confirmación de la linealidad espectral de detectores piroeléctricos.

### REFERENCIAS

- [1] M. López, W.Schmid, "Calibración De Medidores De Potencia Óptica Utilizados En Sistemas De Fibra Óptica", Publicación Técnica CNM-MFO-PT-003, CENAM, 2000.
- [2] International Commission of Illumination, "Spectral Responsivity Measurement of Detectors, Radiometers and Photometers", CIE 202:2011
- [3] Subcommittee 86A, "Optical Fibres: Calibration of fibre-optic power meters", IEC/CEI-61315:2005, International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland, (2005).