
Python y bolómetro en la calibración automatizada de sensores de potencia de radiofrecuencia en Panamá

Quezada, Katherine

CENAMEP AIP, Universidad de Panamá
Ciudad de Panamá, Panamá
<https://orcid.org/0009-0009-8433-7316>

Mojica, Luis

CENAMEP AIP
Ciudad de Panamá, Panamá
<https://orcid.org/0000-0001-5594-9166>

Abstract

The National Metrology Center of Panama (CENAMEP AIP) acquired a bolometer sensor to be used as a secondary reference for radio frequency (RF) power signal measurements. This bolometer and other instruments of the High Frequency Secondary Laboratory are being used in the development of the RF power sensor calibration service. Specifically, the aim is to obtain the sensor calibration factor by means of RF power measurements. This study presents the progress in the development of an application for automating the calibration of RF power sensors. The goal of this project is to reduce the time spent by a metrologist for calibration, eliminate data transcription errors, and minimize connection and disconnection errors. Preliminary values of the results obtained with the developed application are compared with the values of calibration certificates performed in the laboratory of a National Metrology Institute and the sensor manufacturer.

Keywords: Metrology, Python, bolometric sensor, automation, radiofrequency power.

Resumen

El Centro Nacional de Metrología de Panamá (CENAMEP AIP) adquirió un sensor bolométrico para utilizarlo como referencia secundaria en las mediciones de señales de potencia de radiofrecuencia (RF). Este bolómetro y otros instrumentos del *Laboratorio Secundario de Alta Frecuencia* se están usando en el desarrollo del servicio de calibración de sensores de potencia de RF. Específicamente, se busca obtener el factor de calibración del sensor por medio de mediciones de potencia de RF.

En este estudio se presentan los avances en el desarrollo de una aplicación para la

automatización de la calibración de sensores de potencia de RF. El objetivo de este proyecto es reducir el tiempo que invierte un metrólogo para la calibración, eliminar errores de transcripción de datos y minimizar los errores por conexión y desconexión. Los valores preliminares de los resultados obtenidos con la aplicación desarrollada son comparados con los valores de certificados de calibración realizados en el laboratorio de un Instituto Nacional de Metrología y del fabricante del sensor.

Palabras claves: Metrología, Python, sensor bolométrico, automatización, potencia de radiofrecuencia.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el CENAMEP AIP envía sus sensores de potencia de RF a calibrar al extranjero, para obtener la trazabilidad de las mediciones al SI. Sin embargo, esto conlleva un gasto económico, excesiva inversión de tiempo por la gestión aduanal y aspectos de transporte, junto al riesgo de que sufran un daño en el traslado.

En este trabajo se presenta los avances en la creación de un sistema automatizado de calibración de sensores de potencia de RF. El objetivo de automatizar es para minimizar los errores por conexión y desconexión, reducir el tiempo que invierte un metrólogo en la calibración. Incluye el diseño de una interfaz gráfica de usuario (GUI, por sus siglas en inglés) y la creación de una aplicación en Python para la adquisición de datos. Específicamente, por medio de mediciones de potencia de RF y ajuste automático del nivel de potencia y frecuencia de un generador de RF, se obtiene el factor de calibración del sensor mediante la siguiente ecuación [1][2][3]:

$$K_{DUT} = K_{BOL} \times \frac{P_{DUT}}{P_{BOL}} \frac{P_{MON(BOL)}}{P_{MON(DUT)}} \times \frac{|1 - \Gamma_{DUT}\Gamma_{EG}|^2}{|1 - \Gamma_{BOL}\Gamma_{EG}|^2}$$

Donde:

DUT: hace referencia al sensor bajo calibración (por sus siglas en inglés de Device Under Test).

BOL: hace referencia al sensor Bolométrico.

MON: hace referencia al sensor usado como monitor.

K_{DUT} K_{DUT} : factor de calibración del sensor bajo calibración.

K_{BOL} K_{BOL} : factor de calibración del sensor bolométrico.

P_{DUT} P_{DUT} : potencia medida con el medidor donde se conecta el DUT.

P_{BOL} P_{BOL} : potencia medida con el medidor donde se conecta el Bolómetro.

$P_{MON(BOL)}$ $P_{MON(BOL)}$: potencia medida con el sensor monitor cuando el bolómetro está conectado.

$P_{MON(DUT)}$ $P_{MON(DUT)}$: potencia medida con el sensor monitor cuando el DUT está conectado.

Γ_{DUT} Γ_{DUT} : coeficiente de reflexión del DUT.

Γ_{EG} Γ_{EG} : coeficiente de reflexión equivalente en el puerto del divisor de potencia donde se conecta BOL o DUT.

Γ_{BOL} Γ_{BOL} : coeficiente de reflexión del bolómetro.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó un sensor bolométrico comercial, en conjunto con otros instrumentos del *Laboratorio Secundario de Alta Frecuencia* del CENAMEP AIP (como medidores de potencia, generadores de RF, kit de atenuadores, cables y adaptadores de RF). Entre los avances, se ha realizado una aplicación con interfaz gráfica en Python para la adquisición de datos de un medidor de potencia de RF con sensor bolométrico y su registro en un archivo de texto. La aplicación Incluye gráficas en tiempo real de las mediciones realizadas.

Se espera que, al finalizar el proyecto el CENAMEP AIP pueda realizar el servicio de calibración de sensores de potencia de RF en sus instalaciones. De este modo, se eliminará la necesidad de enviar sus sensores al extranjero, evitando así gastos económicos, excesiva inversión de tiempo para la gestión aduanal y aspectos de transporte, junto al riesgo de que sufran un daño en el traslado. Además, posicionará al CENAMEP AIP en la región y en Panamá como un Instituto Nacional de Metrología con la disponibilidad de trazabilidad metrológica para el factor de calibración de sensores de potencia de RF.

2. MÉTODO

A. Sistema de adquisición de datos

Durante el desarrollo de este proyecto se realizó una búsqueda bibliográfica y lectura de documentos relacionados al tema. Además, fue importante el uso manual de los equipos, antes de iniciar la automatización, tanto para la configuración general como para el registro de datos.

En la calibración de un sensor de potencia de RF uno de los parámetros a determinar es el factor de calibración. Esto implica realizar mediciones de potencia y el ajuste automático de un generador de señales de RF. El generador de RF es el encargado de proporcionar una señal de onda continua, con nivel de potencia y frecuencia adecuado al que se desea realizar la medición. Un divisor de potencia (*power splitter*) permite dividir la potencia de RF para que una porción de la señal ingrese al sensor bolométrico y la otra a un sensor de potencia que actúa como monitor. El sensor bolométrico y el sensor bajo calibración se intercambian durante el proceso de medición. El sensor bolométrico será el patrón de referencia y el sensor monitor se encargará de monitorear y mantener el nivel de potencia deseado en el generador (Fig. 1). El control remoto y la comunicación entre los medidores de potencia, generador de señal de RF y la computadora se realiza mediante una interconexión del GPIB.

La toma de datos fue desarrollada en dos partes. La primera involucró que el sensor bolométrico estuviera conectado al arreglo y se registraron los datos. Posteriormente, se desconectó el sensor bolométrico y se conectó en su lugar el sensor DUT para el registro de datos (Fig. 2).

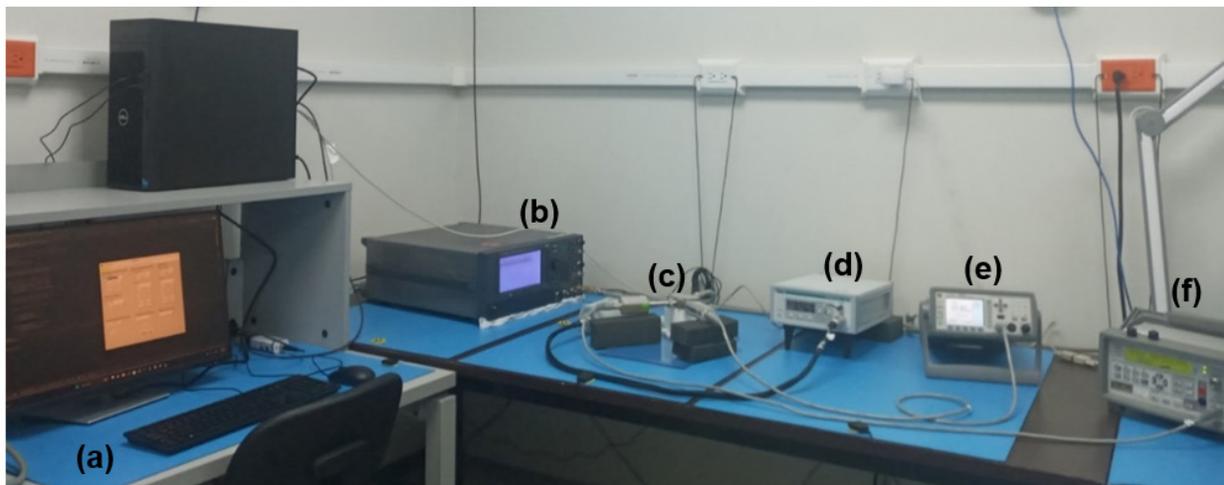


Fig. 1. Sistema de medición de potencia de señales de RF: (a) Computadora con GUI creada en Python para la recolección de datos; (b) Generador de señales potencia de RF; (c) Arreglo de componentes para medición por comparación directa; (d) Medidor del sensor bolométrico; (e) Medidor del sensor monitor; y, (f) Medidor del sensor bajo calibración.

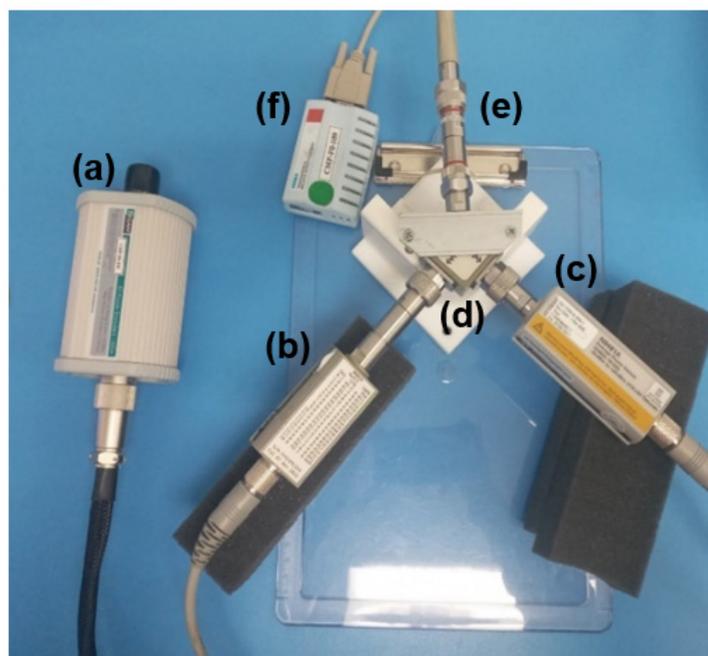


Fig. 2. Arreglo de componentes para medición por comparación directa: (a) Sensor bolométrico (BOL); (b) Sensor bajo calibración (DUT); (c) Sensor monitor (MON); (d) Divisor de señales de potencia de RF; (e) Cable de conexión con el generador; y, (f) Sensor de temperatura.

B. Programación en Python

Se ha realizado una aplicación con GUI en Python capaz de registrar datos y configurar los equipos de RF de forma remota, (Fig. 3a). Esta aplicación permite la adquisición de datos de un medidor de potencia de RF con sensor bolométrico y su registro en un archivo de texto en formato TXT y CSV (Fig.4). Además, incluye gráficas en tiempo real (Fig. 3c).

3. RESULTADOS

A. Interfaz de usuario creada para la toma de datos

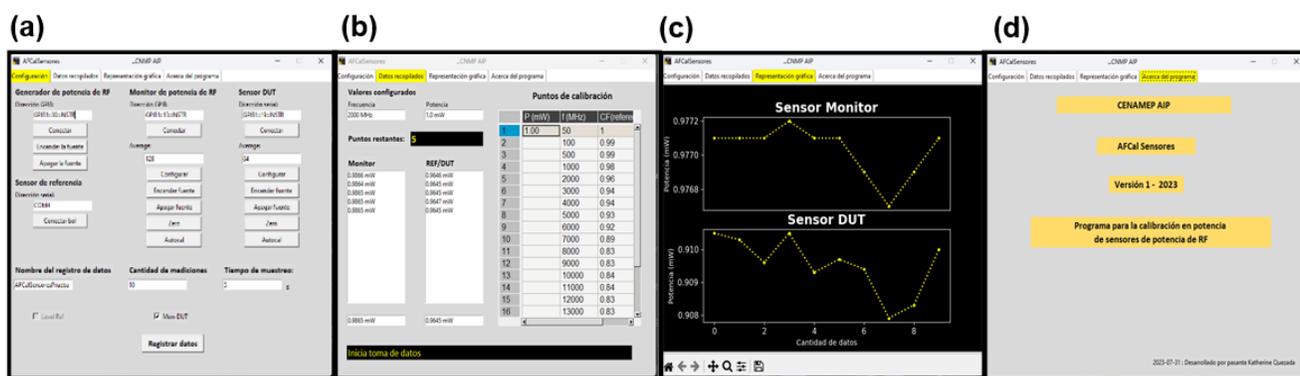


Fig. 3. Interfaz gráfica de usuario creada utilizando lenguaje de programación Python. Se muestran las siguientes Ventanas: (a) Principal para realizar la configuración general de los instrumentos de medición; (b) De visualización de la adquisición de datos; (c) De gráficas en tiempo real de los valores registrados; y, (d) De información general de la aplicación.

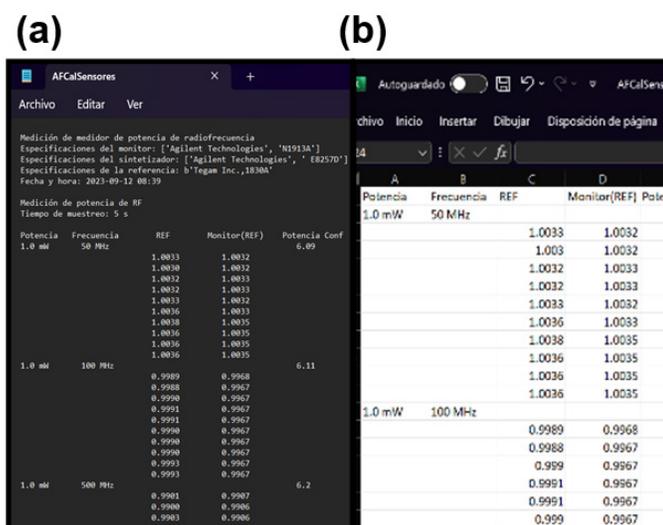


Fig. 4. Archivos generados con Python: (a) En formato TXT; y, (b) En formato CSV.

B. Comparación del factor de calibración del sensor DUT

A continuación, se presenta la comparación del factor de calibración obtenido con los certificados de calibración de un Instituto Nacional de Metrología y del fabricante del sensor bajo calibración. Se presenta una tendencia repetible entre rondas de medición (Fig. 5-6).

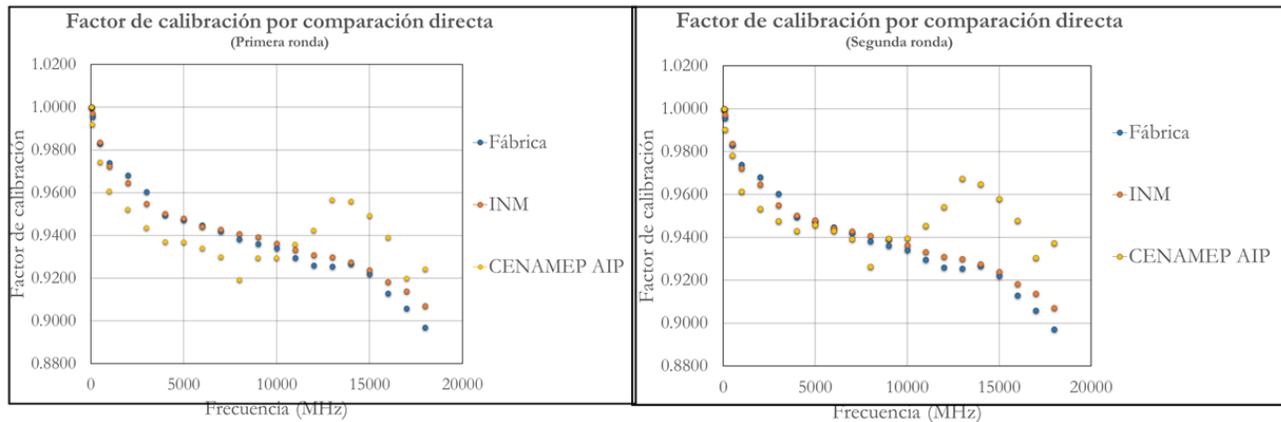


Fig. 5. Resultados del factor de calibración del DUT por comparación directa: (a) Primera ronda; y, (b) segunda ronda.

4. CONCLUSIONES

De los avances obtenidos es posible indicar que la aplicación desarrollada en Python facilita en gran manera la configuración de los instrumentos y el registro de datos de manera automatizada. En poco menos de 3 h se pueden obtener resultados del factor de calibración de un sensor, en 21 puntos distintos de frecuencia. Realizarlo manualmente conlleva más de un día laboral dedicado al registro de datos.

Además, el factor de calibración obtenido para el dispositivo bajo calibración presenta una tendencia repetible entre rondas de medición. Todavía queda el reto de mejorar la exactitud y evaluar la estimación de incertidumbre de la calibración.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT; contrato de subsidio económico 289-2022) y al CENAMEP AIP.

REFERENCIAS

- [1] Yueyan Shan and Xiaohai Cui (2012). *RF and Microwave Power Sensor Calibration by Direct Comparison Transfer*, Modern Metrology Concerns, Dr. Luigi Cocco (Ed.), ISBN: 978-953-51-0584-8, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/modern-metrology-concerns/rf-and-microwave-power-sensorcalibration-by-direct-comparison-transfer>.

- [2] Y. Shan, S. W. Chua, H. Neo & T. Wu. (2008). **Direct comparison transfer microwave power sensor calibration system**. [Conference]. Conference on Precision Electromagnetic Measurements Digest, Broomfield, CO, USA, 2008, pp. 512-513, doi: 10.1109/CPEM.2008.4574878.
- [3] Botello-Pérez, M., García-Ruiz, I. & Covarrubias-Martínez, D. (2012). **Sistema de referencia para la calibración de detectores de potencia por comparación directa**. [Conferencia]. Simposio de Metrología, Querétaro, México. <https://www.researchgate.net/publication/235561621>.

AUTORIZACIÓN Y LICENCIA CC

Los autores autorizan a APANAC XIX a publicar el artículo en las actas de la conferencia en Acceso Abierto (Open Access) en diversos formatos digitales (PDF, HTML, EPUB) e integrarlos en diversas plataformas online como repositorios y bases de datos bajo la licencia CC:

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Ni APANAC XIX ni los editores son responsables ni del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en el artículo.