

## **SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA CALIBRACIÓN DE DOSÍMETROS DE RADIODIAGNÓSTICO EN EL LABORATORIO SECUNDARIO DE CALIBRACIÓN DOSIMÉTRICA DEL CPHR**

**Romero Acosta, A.L.<sup>1</sup>, Gutiérrez Lores, S.**

Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones

### **RESUMEN**

En la calibración de dosímetros de radiodiagnóstico se hacen mediciones repetidas de carga y corriente con un electrómetro acoplado a una cámara de ionización. Varios modelos de los electrómetros que se utilizan actualmente cuentan con una interfaz RS-232 que permite el control de este instrumento desde una computadora. El presente trabajo muestra el diseño y desarrollo de un sistema automatizado para la adquisición y procesamiento de las medidas de carga y corriente durante el proceso de calibración de dosímetros de radiodiagnóstico. Se confeccionó una aplicación informática en LabVIEW, que realiza la adquisición de los valores medidos de carga eléctrica y corriente de los dosímetros patrón, cliente y de la unidad monitorea. El programa calcula el coeficiente de calibración, guarda todos los datos en un fichero en el disco duro y automatiza la emisión del certificado de calibración. El método de calibración que se implementó en la aplicación es el método de calibración por sustitución. El uso de este sistema automatizado mejorará el control sobre el proceso de calibración, contribuirá a humanizar el trabajo y reducirá la probabilidad de ocurrencia de error humano. El sistema desarrollado se empleará en la calibración de dosímetros patrones de radiodiagnóstico, en el Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones.

### **1. INTRODUCCIÓN**

El sistema de medición internacional provee la estructura necesaria para asegurar la compatibilidad en la dosimetría de radiaciones ionizantes, facilitando a la comunidad de usuarios la calibración de instrumentos trazable a los patrones primarios. Un elemento importante dentro de esta estructura es la red de Laboratorios Secundarios de Calibración Dosimétrica (LSCDs), cuyo rol principal es servir de enlace entre los laboratorios primarios y usuarios finales, permitiendo la trazabilidad de las calibraciones de los dosímetros de los usuarios hasta los patrones primarios [1]. Uno de los objetivos de un LSCD es el continuo mantenimiento y mejora de sus capacidades de calibración. El Laboratorio Secundario del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR) no es una excepción: con más de 15 años de creado, brinda servicios de calibración sustentados en un Sistema de Gestión de la Calidad que se rige por la norma internacional ISO/IEC 17025, el cual está reconocido por la red de Cooperación Euro-Asiática para las Instituciones Metrológicas Nacionales (COOMET) y acreditado por el Órgano Nacional de Acreditación de la República de Cuba (ONARC).

Entre las acciones emprendidas en nuestro LSCD para la mejora de sus servicios de calibración, cabe mencionar la automatización de algunos de estos. En este trabajo se presenta la concepción de un sistema automatizado para la calibración de dosímetros usados en radiodiagnóstico. Como parte del sistema se confeccionó una aplicación informática que

---

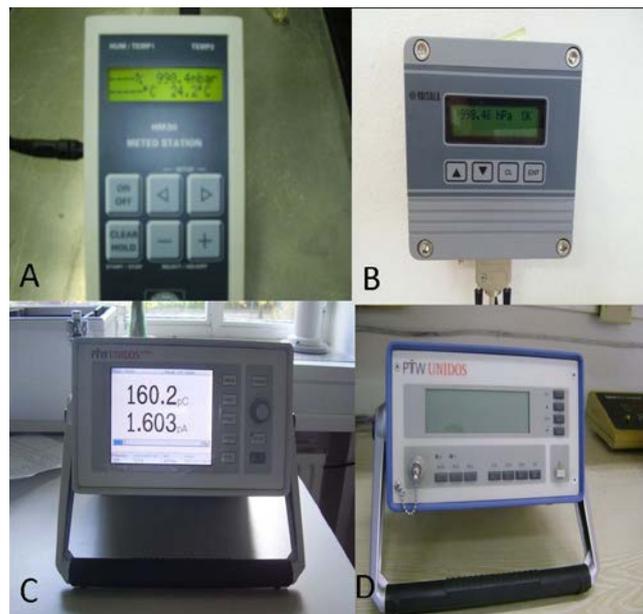
<sup>1</sup> E-mail del Autor. [andy@cphr.edu.cu](mailto:andy@cphr.edu.cu)

adopta la metodología de calibración recomendada por el OIEA e implementada en nuestro LSCD desde hace años. El programa permite la comunicación con diferentes modelos de electrómetros PTW UNIDOS, los cuales tienen una interfaz RS-232 que permite el control del instrumento desde una computadora.

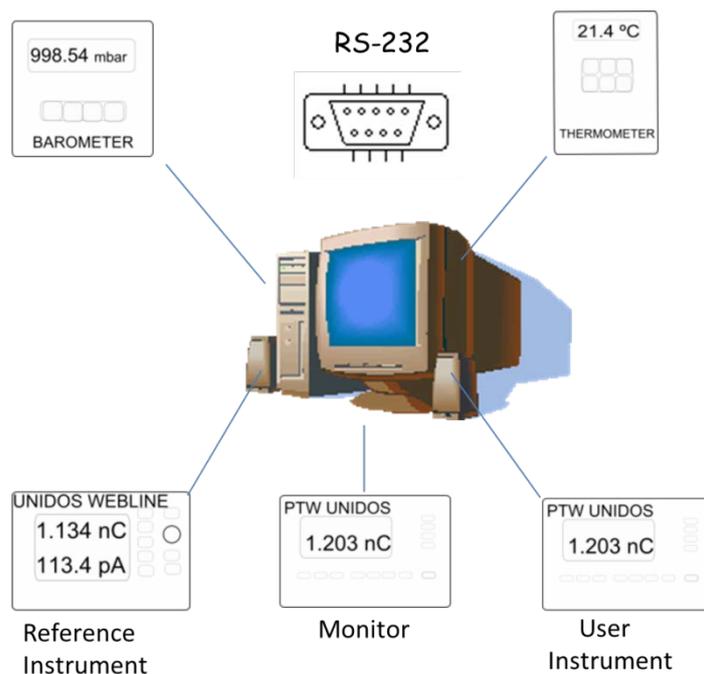
Al usar un sistema automatizado para la adquisición de las lecturas tomadas durante el proceso de calibración, se humaniza el trabajo de los operadores que participan en este servicio. Además, se mejora el control de este proceso de calibración y se disminuye la probabilidad de ocurrencia de error humano. Finalmente, se espera que el uso de este sistema disminuya el tiempo total invertido en el proceso de calibración y consecuentemente contribuya al ahorro energético.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema automatizado está compuesto por un barómetro digital Vaisala para la medición de presión, una unidad Thommen para la medición de temperatura., tres electrómetros PTW Unidos y una computadora (Fig. 1 y 2). Los instrumentos se conectan a una computadora usando cables RS232 y adaptadores USB-RS232.



**Figura 1. Instrumentos que forman parte del sistema automatizado. A. Termómetro Digital, B. Barómetro digital, C. y D. Electrómetros PTW UNIDOS.**



**Figura 2. Esquema del sistema automatizado e interfaz utilizada.**

## 2.1. Método de calibración

En la aplicación se implementó el método de calibración por sustitución [2]. Este método consiste en posicionar primero el dosímetro patrón de trabajo en el punto de referencia y realizar una medición de la tasa de kerma en aire:

$$K_{Q_0} = N_{K,Q_0}^{ref} M_{corr}^{ref} \quad (1)$$

dónde:

$N_{K,Q_0}^{ref}$  es el coeficiente de calibración del patrón de referencia para la calidad del haz  $Q_0$

$M_{corr}^{ref}$  s la lectura del patrón de referencia corregida para las magnitudes de influencia;

Posteriormente, se sustituye el patrón de trabajo por el instrumento a calibrar y se obtiene el coeficiente de calibración a partir de la tasa de kerma medida con anterioridad y de la lectura del instrumento del cliente, corregida teniendo en cuenta las magnitudes de influencia ( $M_{corr}^{user}$ ):

$$N_{K,Q_0}^{user} = \frac{K_{Q_0}}{M_{corr}^{user}} \quad (2)$$

Como la salida de un tubo de rayos X puede variar con el tiempo, usualmente se recomienda que se emplee una cámara monitora durante este servicio de calibración. De esta manera, las variaciones moderadas en el tiempo de la tasa de kerma en aire pueden ser corregidas. Las lecturas  $M^{ref}$  y  $M^{user}$  para el instrumento de referencia y el instrumento del usuario, cuyas

cámaras de ionización son posicionadas una después de la otra en el punto de prueba, deben estar relacionadas con los valores indicados por la cámara monitora. Para las calidades de radiación RQR5, RQA5, RQR-M2 y RQT9, el coeficiente de calibración,  $N_{K,Q_0}^{user}$  del instrumento a ser calibrado se puede obtener por:

$$N_{K,Q_0}^{user} = N_{K,Q_0}^{ref} \left( \frac{(M k_{TP})^{ref}}{(m k_{TP})^{ref}} \right) \left( \frac{(m k_{TP})^{user}}{(M k_{TP})^{user}} \right) \quad (3)$$

donde:

$N_{K,Q_0}^{ref}$  es el coeficiente de calibración del sistema dosimétrico de referencia

$m$  es la lectura obtenida de la cámara monitora (para el instrumento de referencia y para el del usuario)

$k_{TP}$  es la corrección debida a la presión y a la temperatura (en principio debe ser determinada independientemente para los tres sistemas dosimétricos) y está dada por:

$$k_{TP} = \frac{273.2+T}{273.2+T_0} \left( \frac{P_0}{P} \right) \quad (4)$$

donde:

$P_0$  es la presión de referencia del aire (101.3 kPa)

$T_0$  es la temperatura de referencia del aire (20<sup>0</sup> C)

$P$  es la presión del aire durante la medición

$T$  es la temperatura del aire durante la medición.

Para otras energías hay que hacer mediciones similares a las descritas más arriba. A partir de la Ec. 3 se puede obtener la siguiente expresión para  $N_{K,Q}^{user}$ :

$$N_{K,Q}^{user} = N_{K,Q}^{ref} \left( \frac{(M k_{TP})_Q^{ref}}{(m k_{TP})_Q^{ref}} \right) \left( \frac{(m k_{TP})_Q^{user}}{(M k_{TP})_Q^{user}} \right) \quad (5)$$

### 2.1.1. CT

El uso de la magnitud longitud en la calibración de cámaras de ionización CT implica consideraciones especiales. Con la cámara de ionización de referencia se hace una medición de tasa de kerma en aire en el plano de medición para las calidades de radiación RQT. Luego se posiciona el colimador de plomo de manera que su abertura quede frente a la cámara del usuario, centrada con esta y detrás de la cámara monitora. La separación entre la abertura y el punto de prueba debe conocerse con exactitud. El ancho de la abertura debe estar entre 20 y 50 mm y debe ser determinado con una exactitud de 0.01 mm. El alto de esta abertura debe ser aproximadamente dos veces mayor que el diámetro de la cámara. Las dimensiones exteriores de la apertura deben tener la longitud necesaria para blindar la cámara. En el plano de medición el ancho del campo debe ser mayor que el ancho de la apertura debido a la posible divergencia del haz.

El coeficiente de esta cámara se determinaría mediante:

$$N_{PKL,Q} = \frac{K w d_r}{M d_a} \quad (6)$$

Donde:

M es la lectura de la cámara corregida para la temperatura y presión de referencia;  
 K es la kerma en aire en el punto de prueba;  
 w es el ancho de la apertura;  
 $d_r$  es la distancia entre el punto focal y el punto de prueba;  
 $d_a$  es la distancia entre el punto focal y el plano de apertura;  
 $N_{PKL,Q}$  es el coeficiente de calibración de la magnitud producto kerma – longitud para la calidad Q.

Cuando se emplea una cámara monitora durante la calibración de cámaras CT, el coeficiente de calibración se obtiene por:

$$N_{PKL,Q} = N_Q^m \left( \frac{wd_r}{d_a} \right) \left( \frac{m k_{TP}^m}{(M k_{TP}^{CT})} \right) \quad (7)$$

Donde:

$N_Q^m$  es el coeficiente de calibración de la cámara monitora en términos de kerma en aire para la calidad de radiación Q;

$m k_{TP}^m$  es la lectura de la cámara monitora corregida para la temperatura y presión de referencia;

$M k_{TP}^{CT}$  es la lectura de la cámara CT corregida para la temperatura y presión de referencia;

$N_Q^m$  se puede determinar con la cámara de referencia por medio de :

$$N_Q^m = N_Q^{ref} \frac{M^{ref} k_{TP}^{ref}}{(m k_{TP}^m)} \quad (8)$$

## 2.2. Incertidumbre de la medición

El método para la evaluación de la incertidumbre del coeficiente de calibración es el que aparece en la publicación del OIEA[3] y el documento ISO[4]. Este método considera todas las magnitudes que pudieran contribuir a la incertidumbre global y desprecia aquellas que contribuyen menos del 0.1 %.

## 3. RESULTADOS

Se desarrolló una aplicación informática en LabVIEW[5] para la automatización de los procedimientos de calibración. El programa confeccionado implementa los pasos que se encuentran incluidos en los procedimientos ya validados para la calibración de sistemas dosimétricos de radiodiagnóstico. El software desarrollado realiza la adquisición de las lecturas provenientes de los electrómetros, así como el procesamiento de estos valores. Posteriormente escribe los datos primarios en un fichero en el disco duro y emite un certificado de calibración. A continuación se describen esas funciones más detalladamente.

**Medición de corriente de fuga:** El software facilita la configuración del tiempo para la determinación de la corriente de fuga. También posibilita guardar en el disco duro los parámetros y el resultado de la medición de corriente de fuga. En caso de que el resultado sea

mayor que el 0.1 % de la corriente medida durante la irradiación o sea mayor que  $10^{-14}$  A, el programa lo notifica y detiene la calibración.

**Medición con el dosímetro de referencia:** La aplicación toma cinco lecturas, usando un tiempo de integración que permita coleccionar una carga de 1 nC. Por defecto, la temperatura y presión pueden ser adquiridas automáticamente, o también pueden ser entradas por el operador. Todos estos valores quedan guardados en un fichero. El software calcula la diferencia entre la tasa de kerma medida y el valor de referencia de esta magnitud después de corregido. Si la diferencia es mayor que  $\pm 0.5$  %, se muestra una advertencia, y si la diferencia persiste se detiene la calibración para ser continuada en otro momento.

**Calculo del coeficiente de calibración:** Luego de repetir los pasos anteriores con el dosímetro del cliente, la aplicación calcula el coeficiente de calibración de kerma en aire usando las ecuaciones de (1) a (8).

**Registro de calibración:** Las características de los instrumentos y los resultados obtenidos con estos son guardados en un fichero que hace función de registro de calibración.

**Certificado de calibración:** Los resultados de la calibración son reportados en un certificado de calibración, donde se muestran el coeficiente de calibración, la tasa de kerma en aire y otras magnitudes de interés.

**Control de calidad realizado a las cámaras de ionización:** Es una buena práctica realizar controles de calidad a las cámaras de ionización periódicamente. Para ello se emplea una fuente portátil de Sr-90. El módulo de la aplicación que se encarga de esta tarea toma 5 medidas de corriente de ionización, las cuales después de ser corregidas permiten hacer una comparación con un valor de referencia de la misma cámara.

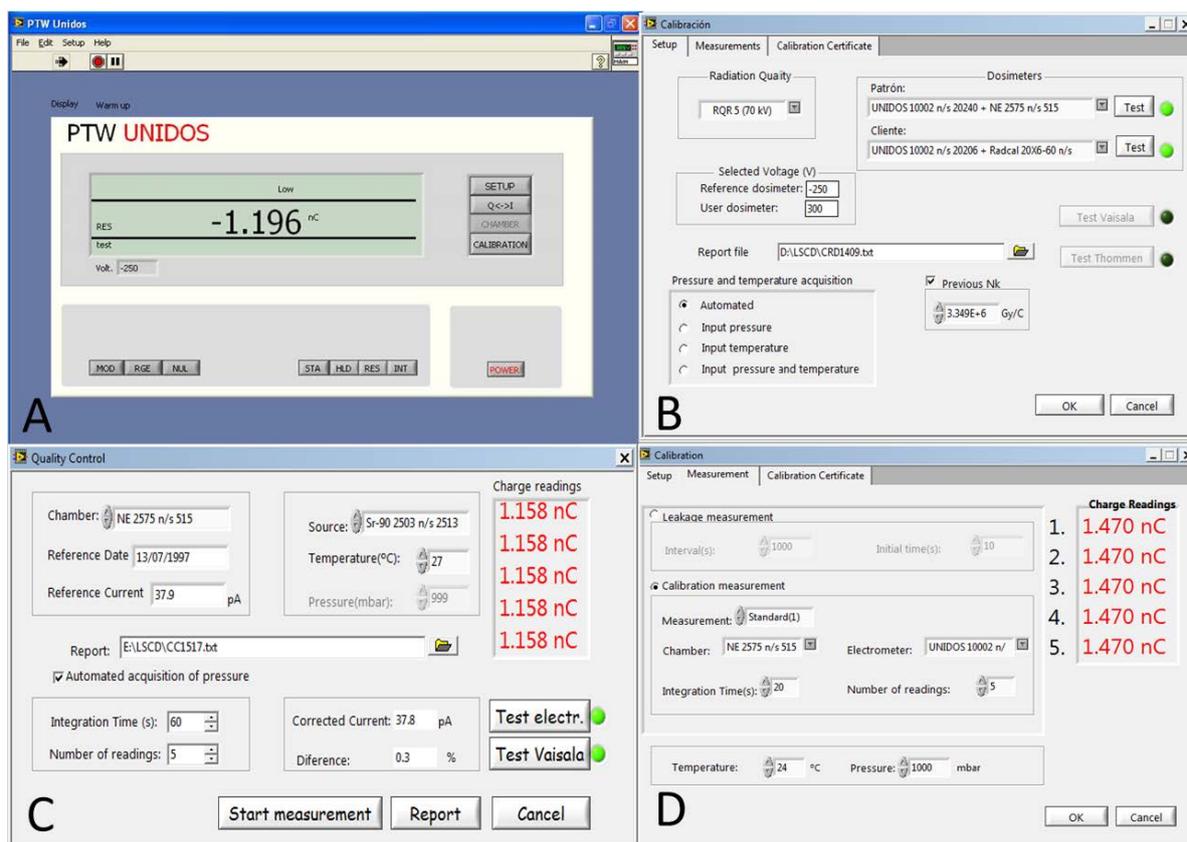
### 3.1. Interfaz de usuario

El software se compone de tres módulos (Fig.3): Instrumento, Calibración y Control de Calidad, los cuales se describen a continuación.

**Instrumento:** Permite el control y comunicación con el electrómetro, presentando una interfaz gráfica idéntica a la vista real del panel frontal del equipo.

**Calibración:** Este es el modulo que lleva a cabo el procedimiento de calibración y cuyas funciones ya fueron descritas. Presenta una interfaz intuitiva que permite ejecutar fácilmente los pasos de la calibración.

**Control de calidad:** Como su nombre lo indica este módulo se encarga de realizar los controles de calidad a las cámaras de ionización. Como se puede ver en la Fig.3, permite especificar los parámetros del control y al finalizar la ejecución muestra la diferencia entre la corriente medida y el valor de referencia.



**Figura 3. Vista de los módulos del software. A. Instrumento, B. Calibración (Setup), C. Control de calidad, D. Calibración (Mediciones).**

#### 4. CONCLUSIONES

Se desarrolló una aplicación informática para automatizar la calibración de dosímetros de radiodiagnóstico. El software se confeccionó usando LabVIEW. Se espera que el uso de este sistema automatizado libere al personal del LSCD de la ejecución de tareas complejas y repetitivas. También debe disminuir la probabilidad de ocurrencia de error humano. Finalmente, el tiempo total que dura el proceso de calibración, debe verse reducido con el uso de este programa. El sistema automatizado se empleará en la calibración de dosímetros de radiodiagnóstico en el LSCD del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones.

#### 5. REFERENCIAS

1. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *The SSDL Network Charter*, (1999).
2. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Dosimetry in diagnostic radiology: An international code of practice*, Technical Reports Series No. 457, Vienna, (2007).

3. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Measurement Uncertainty: A Practical Guide for Secondary Standard Dosimetry Laboratories*, IAEA-TECDOC-1585, Vienna, (2008).
4. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*, ISO, Geneva, (1995).
5. “LabVIEW,” <http://www.ni.com/labview/> (2014).