

# **DISPOSITIVO Y SISTEMA DE MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN IONIZANTE PARA EL MONITOREO DE LAS DOSIS ABSORBIDAS**

## **CAMPO TÉCNICO**

5

La presente invención se ubica dentro del campo técnico de la medición de radiación ionizante, más específicamente un dispositivo para realizar dicha medición de radiación por sensor Geiger Müller.

- 10 Así, la presente invención está dirigida a un dispositivo y un sistema de medición de la radiación ionizante para el monitoreo de las dosis absorbidas permitirá la obtención de los datos de estas radiaciones para que a través de una plataforma para el tratamiento y visualización de la información en tiempo real se pueda establecer un control estricto en las salas de radiología convencional, dando
- 15 alertas tempranas frente a la posible sobreexposición de los profesionales minimizando riesgos en la afectación de su salud, llegando a padecer enfermedades como alopecia, cáncer entre otros. De este modo, el sistema integrado de la presente invención está compuesto por un armazón o carcasa que protege los componentes electrónicos internos; a través del sensor de
- 20 radiación ionizante Geiger Müller, se detecta la señal física de radiación en el ambiente, la cual es convertida en una señal eléctrica para ser procesada por la tarjeta interna y entregar los valores de las dosis de radiación presentes en el ambiente, de la misma manera a través del termohigrómetro se realizan mediciones de temperatura y humedad en el ambiente, por medio de la pantalla
- 25 LCD se pueden visualizar las mediciones obtenidas, además se almacenan en una tarjeta SD interna para luego extraer la información a un equipo de cómputo, por otra parte a través del módulo de Wifi se realiza la transferencia de los datos en tiempo real para ser visualizados y tratados en una aplicación web.

30

## **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Las radiaciones ionizantes son un aspecto que generan altos riesgos en la salud de los trabajadores ocupacionalmente expuestos, el registro y control de las dosis absorbidas resulta ser poco adecuado por la demora y tiempos de reacción ante posibles sobreexposiciones de los profesionales. Por lo tanto, el seguimiento y el control de la radiación ionizante permitirá disminuir el impacto sobre los profesionales expuestos.

A nivel nacional se encuentran investigaciones donde se implementa tecnologías de detección de radiaciones ionizantes, con el montaje de un módulo de enseñanza a partir de la utilización de un contador Geiger Müller existente en el mercado, desarrollado en la Universidad Francisco José de Caldas, en dicho proyecto a pesar de no haberlo construido implementan la tecnología para la enseñanza en laboratorios prácticos de física moderna, el cual pertenece a Ramírez Arias, Leonardo; Uribe Cortés, Julián, y se encuentra disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7531120>.

Por su parte en la universidad cooperativa de Colombia en Montería se diseña un sistema de dosimetría ambiental portátil basado en Internet de las cosas, el cual tiene como fin el tratamiento de la información obtenida a partir del aprovechamiento del almacenamiento en la nube. En Colombia se presentan pocos estudios en el diseño y construcción de prototipos de medición de radiación ionizante. Los autores de este documento son Rubén Enrique Baena Navarro; Mario Ramón Macea Anaya; Jorge Luis Escobar Reynel, y está disponible en

[http://cici.unillanos.edu.co/media2018/memorias/CICI\\_2018\\_paper\\_36.pdf](http://cici.unillanos.edu.co/media2018/memorias/CICI_2018_paper_36.pdf).

En Latinoamérica se encuentra el Instituto de radiación y dosimetría en Río de Janeiro Brasil, siendo un trabajo de iniciación científica que realiza pruebas que simula la radiología diagnóstica, donde sus autores son Leonardo Luiz Ferreira; José Guilherme Pereira Peixoto; Daniel da Silva Quaresma y el documento está disponible en [https://www.ipen.br/biblioteca/cd/inac/2007/pdf\\_dvd/I02\\_1474.pdf](https://www.ipen.br/biblioteca/cd/inac/2007/pdf_dvd/I02_1474.pdf).

Por su parte desde Argentina se presenta el desarrollo de un simulador para uso en prácticas de Laboratorio sobre Física de las Radiaciones. El mismo consiste en un soporte con escalones, un detector de radiaciones ionizantes tipo “Geiger Müller”, y un gabinete en el que se ubica la fuente de alimentación del sistema.

- 5 El instrumento se maneja desde una plaqueta Arduino con el software apropiado para cada experimento y un visualizador digital para realizar las lecturas de actividad, dicho trabajo similar a uno de los encontrados a nivel nacional, hace uso de la tecnología de código abierto para la implementación de diseños con fines educativos. Los autores son Jorge Osvaldo Odetto; Norma Adriana
- 10 Chautemps; Walter Miguel Keil, y está disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5492451>.

- A nivel internacional se propone un sistema de medición de radiación portátil, de código abierto y de bajo costo, cuyo objetivo es implementar dispositivos que
- 15 integran un detector comercial Geiger-Muller (GM) para capturar dosis de radiación en tiempo real y enviarlas de forma inalámbrica a una base de datos remota donde se almacenan los valores de radiación. El personal médico podrá comprobar de primera mano las dosis acumuladas, esta investigación realiza su montaje en el ambiente hospitalario del hospital general universitario de Santa
- 20 Lucía España, en cooperación de investigadores de la universidad politécnica de Cartagena, General Electric Healthcare de España y el departamento de radiofísica del Hospital General Universitario Santa Lucía. Los autores de dicho documento son Antonio-Javier Garcia-Sanchez; Enrique Angel Garcia Angosto; Pedro Antonio Moreno Riquelme; Alfredo Serna Berna; David Ramos-Amores, y
- 25 está disponible en <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/2/510>.

- Así las cosas, en el estado del arte también existe una pluralidad de divulgaciones relacionadas con dispositivos o sistemas para la medición de radiación ionizantes, en documentos de patente, dentro de las que se encuentra
- 30 el documento NC2020/0012429 que describe un sistema y método para la gestión integral del riesgo por exposición a radiaciones ionizantes que comprende los procesos de: a) Un sistema SCADA que se encuentra conectado

a todos los equipos de interés, incluidos los emisores de radiación, los sistemas de acceso, las instalaciones, que provee información y medidas a los subsistemas de validación y manejo de equipos, validación de protocolos, validación de instalaciones y validación de estimación de cambios para controlar y supervisar la validación por medios inalámbricos o alámbricos que sean compatibles con los equipos y fuentes emisoras; b) Recolección por medio de una plataforma digital conectada a un servidor de base de datos; c) Estimación de un vector de paridad que encuentra la diferencia entre variables de estado del sistema estimadas y las variables de estado medidas por el sistema SCADA; d) Un sistema de reglas de decisión conectado al sistema SCADA para la validación de los protocolos de uso en radiología; e) Un sistema basado en reglas conectado al sistema SCADA para la validación de equipos emisores; y f) Análisis y correlación de los datos obtenidos en los pasos (a), (b), (c), (d) y (e) mediante técnicas de Machine Learning.

Sin embargo, la invención definida en esta anterioridad presenta la desventaja que no es un sistema completamente digital, aunque permite el monitoreo remoto (Sistema SCADA), al tiempo que no se especifica que se pueda realizar un monitoreo constante en tiempo real, y depende de los datos que sean ingresados por el trabajador para poder ser analizados, lo que lleva a posibles errores humanos.

De otra parte, la publicación internacional WO 2014021731 enseña un dispositivo de comunicación móvil que consiste en una carcasa que aloja un procesador. Conectados al procesador están la memoria, pantalla, alarmas, teclado, batería, dispositivo de navegación GPS/GLONASS y un dispositivo de transmisión y recepción (Transceptor Wi-Fi/GPRS). El dispositivo de comunicación móvil también tiene una cámara fotográfica frontal y un contador Geiger-Muller, convertidor de voltaje (multiplicador) y unidad de interfaz conectados en serie. La unidad de interfaz está conectada al procesador. El dispositivo tiene un conector de audio estándar para teléfono móvil/smartphone o un conector universal o miniconector u otra infraestructura de teléfono

móvil/teléfono inteligente para suministrar energía eléctrica al dosímetro y al radiómetro desde la línea de alimentación principal, así como para transmitir señales de control y también para medir la dosis equivalente, la tasa de dosis y otros parámetros. Permite operar el dosímetro y el radiómetro, así como el intercambio de datos a través del protocolo digital a través de la ruta de la señal de audio del teléfono móvil/teléfono inteligente por codificación de frecuencia o cambio de fase, o a través del puerto USB en el conector universal o mini o a través de Bluetooth o a través del canal NFC del teléfono móvil/smartphone. El procesador tiene el software para operar el dispositivo de comunicación móvil y también para monitorear y acumular datos y señalización sobre dosis equivalentes de radiación ionizante tolerables, máximas permisibles e intolerables. El programa de software incluye cuatro módulos de software para varios modos de operación: Módulo de información - Dosímetro, Módulo de información - Radiómetro, Módulo de información - Impacto en los órganos humanos y Módulo de información – Toma de imágenes de la fuente de radiación ionizante.

No obstante, esta anterioridad está relacionada más específicamente con un dispositivo móvil que tiene un medidor tipo Geiger Muller, pero no es un sistema para revisar la radiación en una sala de radiografía o en un espacio determinado, al tiempo que no se especifica que se haga un monitoreo en tiempo real, sino que es almacenado en una memoria para analizar posteriormente por el software, junto con el impacto sobre los órganos, lo cual es indeseable porque cuando se revisan los datos, la persona ya ha estado expuesta a la radiación, por lo que no se resuelve el problema existente.

Ahora bien, el documento CN 110673193 divulga un dispositivo portátil para monitorizar la radiación ionizante, que comprende una carcasa y un módulo de circuito dispuestos en la carcasa, en donde la carcasa está provista de un interruptor de alimentación y una unidad de visualización que están conectados eléctricamente con el módulo de circuito; el módulo de circuito comprende un sensor de radiación, un circuito de procesamiento de datos, un circuito de

transmisión inalámbrica y un circuito de administración de energía para suministrar energía al sensor de radiación y cada circuito, se usa un interruptor de alimentación para controlar el encendido y apagado de la salida del circuito de administración de energía, el sensor de radiación se usa para detectar el valor  
5 de radiación ionizante en el entorno de radiación del dispositivo portátil, y el circuito de procesamiento de datos se usa para recopilar el resultado de detección de radiación ionizante del sensor de radiación, realizando una conversión de analógico a digital en el ionizante resultado de detección de radiación y envío del resultado de procesamiento convertido; el circuito de  
10 procesamiento de datos envía datos al cliente a través del circuito de transmisión inalámbrica o envía los datos a la unidad de visualización a través de un modo de transmisión por cable. La invención puede monitorear el valor de la dosis y otra información en tiempo real de manera remota en línea, emite una alarma audible y visual cuando la dosis excede el estándar y puede emitir una alarma  
15 cuando se pierde la fuente radiactiva.

Sin embargo, esta anterioridad presenta la desventaja que es un dispositivo portátil y que debe ser portado por el personal que trabaja en el espacio donde se va a realizar la medición, al tiempo que está completamente limitado al uso  
20 de un sensor de radiación ionizante, sin elementos adicionales que permitan determinar las condiciones del espacio donde se hace la medición.

Así mismo, se tiene el documento WO 2020255080 relacionado con un dosímetro portátil asociado a un cuerpo humano y equipado con al menos un par  
25 de sensores de neutrones, comprendiendo dicho dosímetro: - al menos un primer sensor de neutrones; - una matriz que contiene una cierta cantidad de material absorbente de neutrones; - al menos un segundo sensor de neutrones; - un moderador que comprende un material hidrogenado o deuterado seleccionado entre polietileno, polipropileno, parafina, plásticos hidrogenados, agua; el al  
30 menos un primer y un segundo sensor están ubicados dentro del moderador separados entre sí y el al menos un primer sensor está ubicado cerca del cuerpo humano.

No obstante, la invención definida en esta anterioridad presenta el inconveniente que es un dispositivo portátil que debe ser llevado por el usuario, es decir, un dosímetro, por lo que dicho usuario debe estar siempre expuesto a la radiación para hacer la medición, al tiempo que no permite hacer monitoreo en tiempo real, sino que almacena los datos para luego ser analizados, lo que indica que la medición y la determinación de la radiación se evalúa cuando el usuario ya ha estado expuesto a ésta.

Finalmente, se encuentra el documento MX 2017016644 que describe un método, sistema y/o aparato para monitorear remotamente la operación de un sensor de radiación puede incluir un sensor de radiación configurado para detectar la presencia de radiación en el área, el sensor de radiación incluyendo un tubo Geiger-Muller, un generador de señal de prueba configurado para generar una señal de prueba de frecuencia alta usada para probar el sensor de radiación, la señal de prueba de frecuencia alta transmitida hacia el sensor de radiación y un detector de señal de prueba configurado para detectar una respuesta del sensor de radiación a la señal de prueba y determinar si el sensor de radiación está funcionando correctamente.

Sin embargo, en esta anterioridad, aunque se menciona el monitoreo remoto, no se especifica que éste sea en tiempo real, al tiempo que no cuenta con un módulo de comunicación por WiFi, sino que se limita a indicar unos canales inalámbricos en el sistema, pero no para comunicación, lo que limita su aplicación.

A partir de la información anterior, es claro que los documentos existentes en el estado del arte corresponden a una serie de dispositivos, sistemas o métodos para el monitoreo de la radiación ionizante, especialmente en un ambiente de trabajo, en donde esta medición se hace por medio de un sensor tipo Geiger Muller, y en algunos casos se cuenta con algún tipo de comunicación externa. Además, existen dispositivos que son portátiles y que deben ser llevados por el

usuario al momento de hacer la medición, pero requieren de una lectura de estos datos de forma posterior.

5 Así las cosas, se puede ver que las divulgaciones del arte previo relacionadas presentan todas el inconveniente y la desventaja que, aunque permiten hacer una medición de la radiación ionizante a la que se puede exponer un usuario, requieren que el usuario haga la medición de forma presencial porque son dispositivos portátiles, al tiempo que no cuentan con una forma de medición en tiempo real, sino que almacenan los datos para ser interpretados posteriormente,  
10 lo que es indeseable porque cuando se leen los datos y se determina la radiación, el usuario ya ha estado expuesta a ésta, incluso a niveles que pueden llegar a ser perjudiciales.

De acuerdo con la información anterior, es claro para el experto en la materia  
15 que en el estado del arte existe una necesidad por diseñar e implementar un dispositivo o un sistema para la medición de la radiación ionizante, el cual no requiere que el usuario esté expuesto a la radiación para tomar dicha medición, al tiempo que permita hacer una adquisición de datos de manera remota, y que además, permita monitorear el ambiente donde existe radiación sin necesidad  
20 de estar presente exponiéndose a estar absorbiendo dosis mayores a las permitidas en la norma de los profesionales.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

25 Considerando los problemas y/o necesidades anteriores mencionadas, los presentes inventores han propuesto un nuevo dispositivo y sistema de medición de la radiación ionizante para el monitoreo de las dosis absorbidas permitirá la obtención de los datos de estas radiaciones para que a través de una plataforma para el tratamiento y visualización de la información en tiempo real se pueda  
30 establecer un control estricto en las salas de radiología convencional, dando alertas tempranas frente a la posible sobreexposición de los profesionales

minimizando riesgos en la afectación de su salud, llegando a padecer enfermedades como alopecia, cáncer entre otros.

Así, el sistema integrado de la presente invención está compuesto por un  
5 armazón o carcasa externa que protege los componentes electrónicos internos;  
un sensor de radiación ionizante Geiger Müller que detecta la señal física de  
radiación en el ambiente, la cual es convertida en una señal eléctrica para ser  
procesada por la tarjeta interna y entregar los valores de las dosis de radiación  
presentes en el ambiente, de la misma manera a través del termohigrómetro se  
10 realizan mediciones de temperatura y humedad en el ambiente, por medio de la  
pantalla LCD se pueden visualizar las mediciones obtenidas, además se  
almacenan en una tarjeta SD interna para luego extraer la información a un  
equipo de cómputo, por otra parte a través de un módulo de Wifi se realiza la  
transferencia de los datos en tiempo real para ser visualizados y tratados en una  
15 aplicación web.

El tubo Geiger Müller utilizado es un LND 712, el gas interno es de Ne + Halogen,  
funciona a un rango de temperatura de -40 a 75 °C y voltaje recomendado de  
500 V, va acompañado de una fuente de alto voltaje que proporciona una alta  
20 confiabilidad hasta 1 mSv/h (1000µSv / h), los datos obtenidos son almacenados  
en una micro SD de 8 Gb junto con la fecha con el sensor Rtc Ds3231 el cual es  
un módulo de reloj sencillo y la comunicación es a través de la interfaz I2C,  
también la temperatura que tiene un rango de medición entre -40 a 80 °C, con  
una precisión de  $\pm 0.5$  °C y porcentaje de humedad relativa proveniente de un  
25 sensor capacitivo DHT22 con una precisión del 2%, la cual se considera de buen  
rendimiento y bajo costo, utilizando un pin digital, el mismo opera entre 3 a 6V.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

30 La presente invención se entiende de forma más clara a partir de las siguientes  
figuras donde se muestran los componentes asociados al presente sistema,  
dispositivo y/o aparato, así como los elementos novedosos con respecto al

estado del arte, en donde las figuras no pretenden limitar el alcance de la invención, el cual está únicamente dado por las reivindicaciones adjuntas, en donde:

- 5 La Figura 1 corresponde a una vista en perspectiva frontal del dispositivo medidor de radiación ionizante de la presente invención.

La Figura 2 corresponde a una vista en perspectiva posterior del dispositivo medidor de radiación ionizante de la presente invención.

10

### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención está dirigida a un dispositivo para la medición de la radiación ionizante para el monitoreo de las dosis absorbidas que permite  
15 obtener los datos de estas radiaciones para que a través de una plataforma para el tratamiento y visualización de la información en tiempo real se pueda establecer un control estricto en las salas de radiología convencional.

De esta forma, las Figuras 1 y 2 muestran el dispositivo de medición de la radiación ionizante de la presente invención, el cual está compuesto, comprende  
20 o consiste esencialmente, en general, sin limitaciones, de las siguientes partes o componentes:

- Un armazón (1) o carcasa externa que protege los componentes electrónicos internos;  
25
- Un sensor de radiación ionizante Geiger Müller (2), el cual detecta la señal física de radiación en el ambiente, donde dicho sensor de radiación (2) se ubica sobre el armazón o carcasa externa (1), preferiblemente, pero no de forma limitante, en la parte superior de éste;
- Una tarjeta principal interna (6) que permite convertir la señal física emitida por el sensor de radiación (2) en una señal eléctrica para ser  
30

procesada y entregar los valores de las dosis de radiación presentes en el ambiente;

- Un termohigrómetro (3) que permite realizar mediciones de temperatura y humedad en el ambiente donde se ubica el dispositivo y enviar estas mediciones o señales de la detección realizada directamente a la tarjeta principal (6), donde dicho termohigrómetro (3) se ubica sobre el armazón o carcasa externa (1) y preferiblemente, pero no de forma limitante, en la parte superior de éste, relativamente al lado del sensor de radiación (2);
- Una pantalla (4) conectada a la tarjeta principal interna (6) y que es controlada por esta última, donde dicha pantalla (4) permite visualizar las mediciones obtenidas;
- Un módulo de almacenamiento (7) que preferiblemente corresponde a un módulo de tarjeta SD interna que permite el almacenamiento de los datos leídos por los sensores (2, 3) e interpretados por la tarjeta principal (6), la cual luego permite extraer la información a un equipo de cómputo externo; y
- Un módulo de Wifi (5) conectado a la tarjeta principal interna (6) y a través del cual se realiza la transferencia de los datos en tiempo real para ser visualizados y tratados en una aplicación web.

Así las cosas, con el dispositivo de la presente invención se puede realizar un seguimiento y control de la radiación ionizante, lo que además permite disminuir el impacto sobre los profesionales expuestos a dicha radiación, lo cual puede llegar a afectar su salud de forma considerable. Además, una de las principales características del presente dispositivo es que permite la obtención de los datos de estas radiaciones para que a través de una plataforma para el tratamiento y visualización de la información en tiempo real se pueda establecer un control estricto en las salas de radiología convencional, dando alertas tempranas frente a la posible sobreexposición de los profesionales minimizando riesgos en la afectación de su salud, llegando a padecer enfermedades como alopecia, cáncer entre otros.

De este modo, en una modalidad preferida de la presente invención, el sensor de radiación ionizante (2) es un tubo Geiger Müller, preferiblemente un tubo LND 712, el cual presenta un gas interno de Ne + Halógeno, y funciona a un rango de temperatura de -40 a 75°C, con un voltaje recomendado de 500 V, y va acompañado de una fuente de alto voltaje que proporciona una alta confiabilidad hasta 1 mSv/h (1000µSv / h).

Preferiblemente, la tarjeta principal interna (6) es un componente que permite el monitoreo y el control de todos los componentes del dispositivo de la invención, así como el procesamiento de los datos obtenidos de los sensores (2, 3) y su visualización en la pantalla (4). De forma preferida, dicha tarjeta principal (6) comprende un microcontrolador, con voltaje de operación de 5V, voltajes de entrada entre 6 y 20 V, y está conformado con 54 pines digitales y 16 análogos, los cuales están dispuestos para los dispositivos de entrada y salida.

Por otra parte, en una modalidad preferida, pero no limitante, la pantalla (4) que forma parte del dispositivo de la presente invención se ubica directamente sobre el armazón o carcasa externa (1) con el fin que pueda ser visualizada por el usuario, y dicha pantalla (4) corresponde a una pantalla de cristal líquido o LCD como es conocida actualmente, aunque también se contemplan otras opciones de elemento de visualización, tal como una pantalla tipo LED, matriz de punto, 7 segmentos u otros elementos similares que permitan mostrar el resultado de la medición realizada, sin limitaciones.

Ahora bien, los datos obtenidos son almacenados en el módulo de almacenamiento (7) que es una tarjeta microSD, preferiblemente con una capacidad de 8 Gb, aunque se contemplan otras capacidades que pueden ser mayores o menores dependiendo de las necesidades.

Adicionalmente, la presente invención también está dirigida a un sistema para la medición de la radiación ionizante, el cual comprende el dispositivo de medición de radiación definido anteriormente, una red de telecomunicaciones, y una

estación de control remota, donde la red de telecomunicaciones permite la comunicación entre el dispositivo y la estación de control, preferiblemente a través de una conexión inalámbrica tipo Wifi.

- 5 De forma preferida, la estación de control corresponde a un computador personal, tal como un computador portátil o de escritorio, un servidor, un dispositivo móvil, una tableta, un teléfono inteligente o cualquier dispositivo similar que permita realizar la conexión con el dispositivo a través del módulo Wifi (5) por medio de la red de telecomunicaciones, y que pueda visualizar e  
10 interpretar los datos leídos por los sensores (2, 3).

Aunque la presente invención ha sido definida en términos de las modalidades y/o configuraciones preferidas que permiten obtener el resultado deseado, se entiende entonces que dentro de la presente divulgación se contemplan las  
15 múltiples modificaciones y/o alternativas que se puedan derivar de forma evidente para un experto en la materia, razón por la cual el alcance de la presente invención no está definido únicamente por las implementaciones preferidas definidas acá, sino que, por el contrario, el mismo está enteramente definido por las reivindicaciones adjuntas.

20