

# Caracterización y análisis del campo magnético ambiental en un taller de reparación de equipos electromédicos

## *Characterization and analysis of the environmental magnetic field in an electromedical equipment repair shop*

Jessika Rodríguez Morales<sup>I</sup>, Carlos Alberto García Medina<sup>II</sup>, Iosvany Aguiar Ramos<sup>III</sup>, Yenisel Díaz Roller<sup>I</sup>, Janet Carvajal de la Osa<sup>I</sup>, María Elena Martínez<sup>IV</sup>

<sup>I</sup>Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba

<sup>II</sup>Centro Provincial de Electromedicina de La Habana, La Habana, Cuba

<sup>III</sup>Centro de Biomateriales (BIOMAT) de la Universidad de La Habana. La Habana, Cuba

<sup>IV</sup>Universidad Pública de Navarra, Navarra, España

\*Autor de correspondencia: [janetco@automatica.cujae.edu.cu](mailto:janetco@automatica.cujae.edu.cu)

Recibido: 12 de febrero de 2023

Aprobado: 15 de marzo de 2023

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



### RESUMEN/ABSTRACT

Según reportes de la Organización Mundial de la Salud los campos electromagnéticos son causantes de afectaciones a la salud. Es por este motivo que se debe mantener un control estricto sobre la radiación no ionizante emitida por el equipamiento en talleres de reparación y mantenimiento de equipos médicos debido a la gran acumulación de estos, que operan con energía eléctrica y emanan radiación electromagnética de baja frecuencia. Esta acción debe realizarse sobre todo en países donde no existen normativas acerca de este tema. En este trabajo se seleccionó el Centro Provincial de Electromedicina donde se realizaron mediciones, en cinco locales de interés, por cinco días consecutivos, utilizando un gaussímetro. Se calcularon promedios para representar el campo magnético ambiental mediante mapas de colores. Los resultados obtenidos medioambientales y anual de exposición electromagnética no sobrepasan los recomendados por la Comisión Internacional de Protección Contra las Radiaciones No Ionizantes.

**Palabras clave:** Campos electromagnéticos, Taller de reparación de equipos médicos, gaussímetro, inducción magnética.

*According to reports from the World Health Organization, electromagnetic fields are the cause of health effects. It is for this reason that strict control must be maintained over radiation without ion emission from equipment in medical equipment repair and maintenance workshops due to the large accumulation of these, which operate with electrical energy and emanate low-frequency electromagnetic radiation. This action should be carried out especially in countries where there are no regulations on this subject. In this work, the Provincial Center of Electromedicine was selected, where it was carried out, in five places of interest, for five consecutive days, using a gaussmeter. Averages are calculated to represent the ambient magnetic field using color maps. The results obtained and the annual electromagnetic exposure did not exceed those recommended by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection.*

**Key words:** Electromagnetic fields, medical equipment repair shop, gaussmeter, magnetic induction.

### INTRODUCCIÓN

Los campos electromagnéticos (CEM) están presentes en todos los equipos eléctricos y electrónicos desde el momento en que se ponen en funcionamiento. Estos poseen diferentes niveles de emisión el cual depende de la modernidad del equipamiento y la potencia a la que trabajan [1].

Cómo citar este artículo:

Jessika Rodríguez Morales, et al. Caracterización y análisis del campo magnético ambiental en un taller de reparación de equipos electromédicos. Ingeniería Energética. 2023. 44 (2), mayo/agosto. ISSN: 1815-5901.

Sitio de la revista: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/index>

Como la emisión de radiación del campo electromagnético no es apantallable, algunas de las medidas a tomar para disminuir los niveles de radiación se basan en la distancia a que se ubique el objetivo de la fuente y, siempre que sea viable, la disminución en la potencia del equipo. Algunos autores señalan también el uso de metales como el mumetal en las zonas donde el equipo posee motores o cables. En un área de trabajo se deben tener en cuenta además de las medidas que provee el fabricante y que están normadas por la IEC [2], otras como por ejemplo no ubicar los puestos de trabajo cerca de agentes externos que puedan emitir radiaciones de este tipo, realizar mediciones de las áreas de trabajo paulatinamente, no mantener conectores o regletas eléctricas debajo de los puestos de trabajo, mantener vigilancia sobre las colindancias eléctricas entre áreas de trabajo, entre otras.

La Comisión para la Protección Contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP, por sus siglas en inglés) ha fijado límites para los CEM de baja frecuencia muy por encima del nivel provisto por las investigaciones para este tema [3], pues ha tenido presente el principio de evitación prudente, el cual se aplica siempre que existe un grado de incertidumbre científica y deben tomarse acciones sobre riesgos potenciales sin esperar a los resultados de más investigaciones [4, 5]. En este contexto se asegura el respeto a las restricciones básicas y por tanto el respeto a las normas y recomendaciones propuestas. Según la organización mundial de la salud (OMS), los CEM, afectan de diferentes maneras al cuerpo humano sin darnos siquiera cuenta de que este proceso está ocurriendo.

Muchos son los sistemas biológicos y órganos que pueden ser afectados por esta razón [1]. En un área de reparación de equipos eléctricos y electrónicos, es necesario tener en cuenta esta razón médica para evitar que los trabajadores enfermen, es por este motivo que tener noción acerca de los riesgos que afectan a un área de trabajo como las que integran un taller de reparación de electromedicina se hace necesario, debido a la gran cantidad de equipos de esta índole que se reparan diariamente y a veces en grupos de varios a la vez. Por este motivo el objetivo de este trabajo es realizar la medición del campo magnético de un taller de electromedicina compuesto por cinco áreas de trabajo que involucran equipamiento eléctrico y electrónico, para caracterizar el campo magnético promedio de cada una de ellas y el promedio anual al que se verán sometidos todos los trabajadores.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

Esta investigación se realizó en el Centro de Electromedicina Provincial de La Habana. Este posee una estructura vertical con dos pisos sobre el nivel de la calle y tres por debajo (soterrado), como se muestra en la figura 1.

Los departamentos donde se realizaron las mediciones se describen, de abajo hacia arriba, a continuación:

- **Dpto. de Soporte de Vida (Local 1):** Está ubicado en la tercera y última planta soterradas del edificio, por tanto, posee muy poca ventilación natural. Tiene una dimensión de 7 m x 4 m, en esta área se reparan equipos destinados fundamentalmente para sostener las condiciones necesarias para la vida (incubadoras y desfibriladores).
- **Dpto. de Soporte de Vida (Local 2):** Colinda con el Local 1 pero a diferencia de este, está totalmente privado de ventilación e iluminación natural. Tiene una dimensión de 6 m x 4 m y se reparan todo tipo de equipo para soporte respiratorio (ventilador pulmonar).
- **Dpto. de Electrónica:** Está ubicado en la segunda planta soterrada del edificio, mide 12 m x 5 m. Principalmente se trabajan equipos de óptica electrónica, microscopios electrónicos, equipos cuyo funcionamiento es con sensores (gasómetros y analizador). Es el único local que presenta un área de desinfección de equipo por vía infrarroja.
- **Dpto. de Electromecánica:** Está ubicado en la primera planta soterrada del edificio, tiene una dimensión de 7 m x 9 m, por su ubicación no presenta ventilación natural y es uno de los locales donde se reparan una mayor variedad de equipos médicos (bombas de infusión, centrífuga, aspirador de salón de cirugía, lámparas quirúrgicas, entre otros)
- **Dpto. de Óptica:** Está ubicado en la planta alta del edificio, tiene una dimensión de 6 m x 6 m. Principalmente se reparan microscopios y demás equipos con fines óptico.

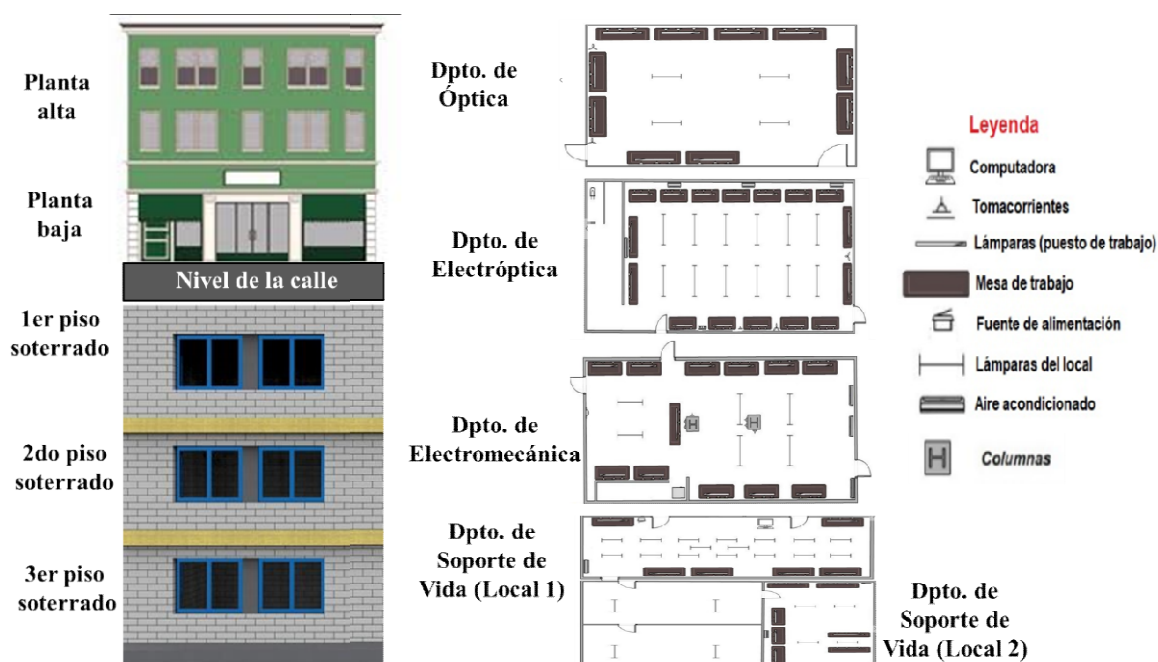


Fig.1. Representación del edificio y ubicación de los locales por planta

Para la medición del CEM en los locales, anteriormente descritos, se utilizó un gaussímetro modelo EMDEX II, como se muestra en la figura 2. Este posee tres bobinas localizadas al interior del medidor para registrar la densidad de campo magnético de cada eje ( $B_x$ ,  $B_y$ ,  $B_z$ ). Esta magnitud es registrada por el microprocesador que calcula instantáneamente el campo magnético resultante a partir de las lecturas de campo magnético de cada eje. Las características técnicas del equipo se presentan en la página del fabricante [6].



Fig. 2. Gaussímetro modelo EMDEX II

Las recomendaciones escogidas para comparar los valores obtenidos son las de la ICNIRP en 2010 [3], como se muestra en la tabla 1, se utilizó el valor para límite ocupacional enmarcado en rojo.

Tabla 1. Valores de intensidad de flujo magnético recomendadas en las directrices de ICNIRP, 2010

Rango de frecuencia (kHz-Hz)		Niveles de referencia de densidad de flujo magnético (B) para exposición ocupacional		Niveles de referencia de densidad de flujo magnético (B) para exposición poblacional	
		Fórmula	Valor de B ( $\mu$ T)	Fórmula	Valor de B ( $\mu$ T)
ICNIRP	25-300 Hz	$1 \times 10^{-3}$ T	1000 $\mu$ T	$2 \times 10^{-4}$ T	200 $\mu$ T

### Metodología general del proceso de medición

El protocolo de medición se realizó basándose en diferentes trabajos de medición de campo electromagnético reportados en la literatura [7 - 9], teniendo en cuenta las situaciones epidemiológicas existentes durante el desarrollo de las mediciones y la medida de ahorro energético, sin afectar el funcionamiento normal de la institución. Estas mediciones se realizaron durante cinco días consecutivos y manteniendo un orden específico.

**Paso 1:** Se realizó la medición geométrica (largo por ancho) de todas las áreas de estudio y posteriormente se elaboró el croquis de cada una.

**Paso 2:** Se dividió el ambiente en una malla imaginaria con puntos de intersección a un metro de distancia uno del otro. Las mediciones se hicieron en dichos puntos a una altura de un metro sobre el nivel del suelo, comenzando por la parte más alejada de la puerta, como se muestra en la figura 3.

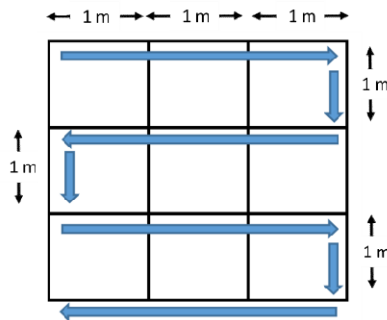


Fig. 3. Representación del recorrido (malla) para las mediciones en las áreas

**Paso 3:** Se representaron mediante el mapeo de colores, los ambientes electromagnéticos de cada área, identificando a través de la escala en miligauss (mG), que por defecto posee el equipo de medición [6], los valores promedios de inducción magnética resultante en cada uno de los puntos para cada condición de medición. Correspondiéndose el color rojo al mayor valor promedio obtenido de medición.

**Paso 4:** Se compararon los resultados obtenidos con respecto a los valores ocupacionales recomendados por la ICNIRP del 2010.

**Paso 5:** Se realizó el cálculo de la exposición promedio para un año de trabajo siguiendo la metodología de Ruz Ruiz [10], como se muestra en el acápite siguiente.

### Cálculo del nivel de exposición medio para el área por espacio de un año de trabajo.

Según Ruz Ruiz [10], la calidad de la valoración de la exposición ocupacional va a depender de los detalles del historial y del tipo de trabajo, mientras más identificada esté la tarea y el tiempo en que se desempeña un trabajador, el cálculo de la exposición acumulada podría expresarse en  $\mu\text{T}$  por año partiendo de la ecuación (1), que proporciona la contribución del campo magnético en un entorno de trabajo determinado en un puesto de trabajo en concreto:

$$B_c = \frac{B(t) \cdot h' \cdot d'}{h \cdot d} \quad (1)$$

Donde:

$B(t)$ : Media de la densidad de flujo magnético.

$h'$ : Número de horas por día de trabajo. Se tomaron 10 horas (8:00 am a 5:00 pm)

$d'$ : Número de días de trabajo por año. Se consideraron 288 días.

$h$ : 24 h

$d$ : 365 días

## RESULTADOS y(o) DISCUSIÓN

### Medición del campo electromagnético

Los valores puntuales, fueron sometidos a análisis estadístico obteniéndose promedios, los que fueron utilizados para realizar los mapas de colores representativos del ambiente magnético de cada una de las áreas. En las figuras desde la 4 hasta la 8, se representan los mismos. La escala de colores se representa en mG, pues por defecto es la unidad de medida que posee el equipo [6]. Estos valores se convertirán de mG a  $\mu\text{T}$  para la realización del procesamiento de datos durante todo el trabajo, haciendo así uso de las unidades de medida que son actualmente aprobadas por el Sistema Internacional de Unidades.

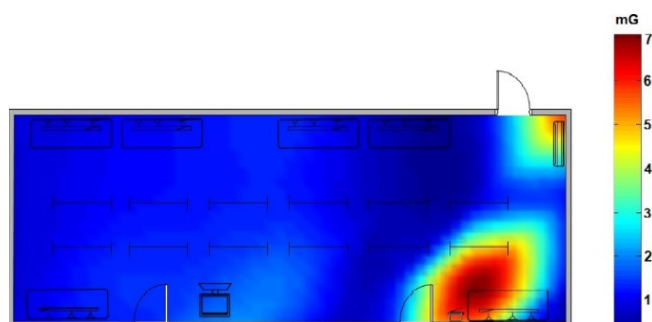


Fig. 4. Mapeo de colores del ambiente electromagnético promedio resultante del Dpto. de Soporte de Vida (Local 1)

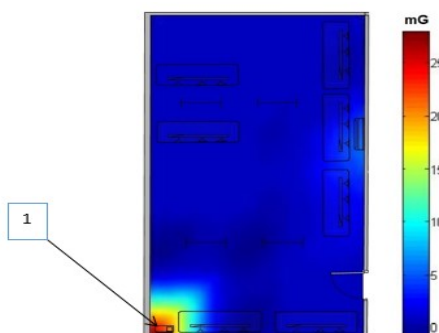


Fig.5. Mapeo de colores del ambiente electromagnético promedio resultante del Dpto. de Soporte de Vida (Local 2)

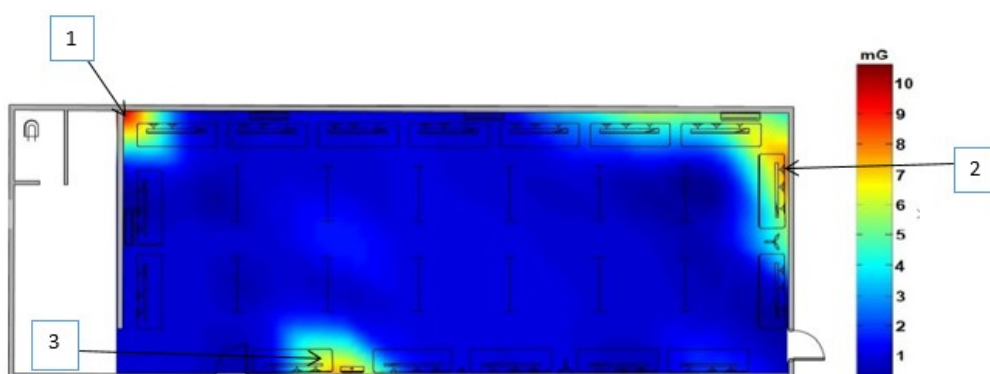


Fig.6. Mapeo de colores del ambiente electromagnético promedio resultante del Dpto. de Electro-óptica

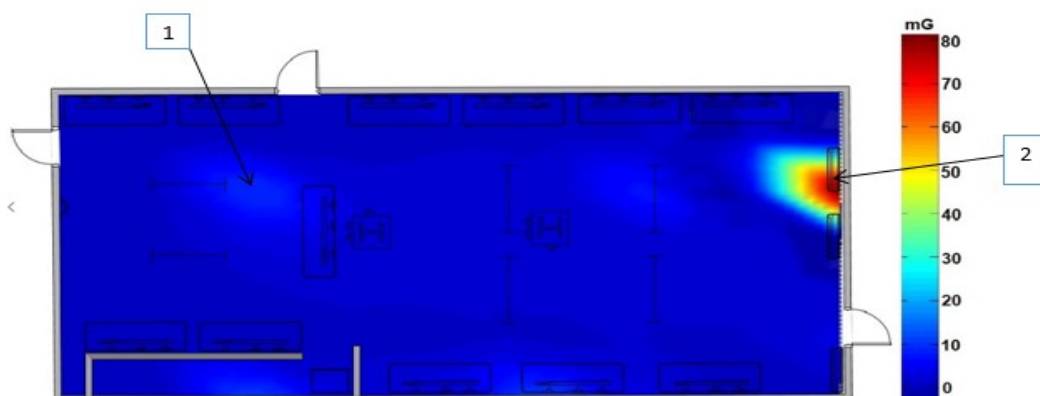


Fig. 7. Mapeo de colores del ambiente electromagnético promedio resultante del Dpto. de Electromecánica

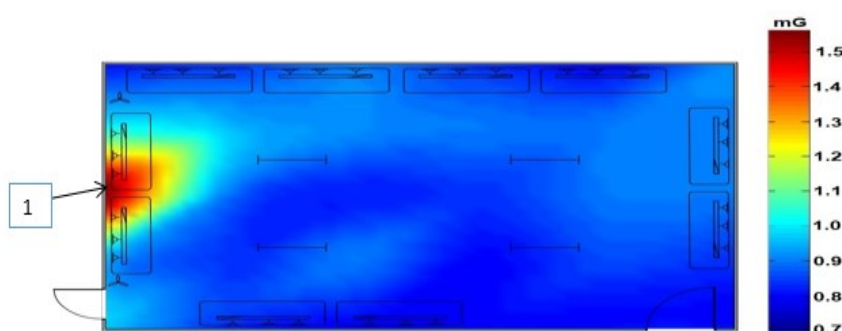


Fig. 8. Mapeo de colores del ambiente electromagnético promedio resultante del Dpto. de Óptica

También se obtuvieron otros valores importantes para la investigación a través de la estadística descriptiva los que se muestran a continuación en la tabla 2.

**Tabla 2.** Estadística descriptiva de los valores obtenidos en los locales medidos

Parámetros	Departamentos de Electromedicina				
	Soporte de Vida (Local 1)	Soporte de Vida (Local 2)	Electro-óptica	Electromecánica	Óptica
Total de mediciones expresadas en ( $\mu$ T)	24	16	56	63	36
Promedio	0,239	0,118	0,158	0,318	0,088
Media	0,071	0,111	0,096	0,132	0,085
Moda	0,07	0,11	0,098	0,066	---
Varianza	3,209	0,014	0,302	10,4291	0,002
Desviación estándar	0,566	0,037	0,174	1,021	0,013
Mínimo	0,062	0,08	0,062	0,048	0,07
Máximo	2,79	0,234	0,81	8,12	0,156

### Cálculo nivel de exposición medio en el año para el ambiente en los locales

Haciendo uso de la ecuación (1) se obtuvieron valores estimados de inducción electromagnética en un año para cada local, los que se muestran en la tabla 3. Se utilizaron como valores para sustitución de parámetros los siguientes:

**Tabla 3.** Valores de los niveles de exposición media al año en  $\mu\text{T}$

Locales	Promedio de c días de medición	Media de exposición al año
Soporte 1	0,239 $\mu\text{T}$	0,079 $\mu\text{T}$
Soporte 2	0,118 $\mu\text{T}$	0,039 $\mu\text{T}$
Electro óptica	0,158 $\mu\text{T}$	0,052 $\mu\text{T}$
Electromecánica	0,318 $\mu\text{T}$	0,105 $\mu\text{T}$
Óptica	0,088 $\mu\text{T}$	0,029 $\mu\text{T}$

## Discusión

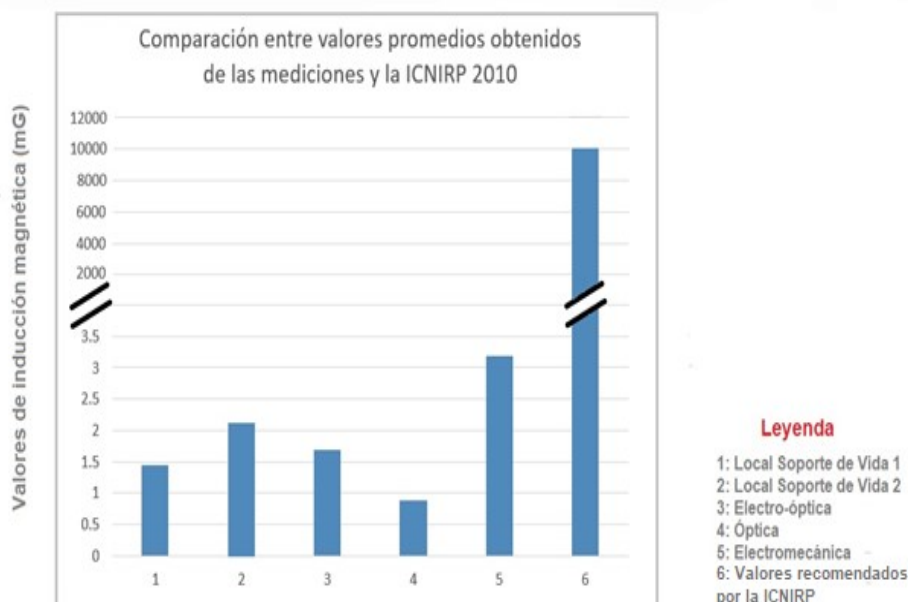
En el Dpto. de Soporte de Vida (Local 1), mostrado en la figura 4, se evidenciaron la presencia de fuentes generadoras de campo magnético enumeradas como 1 y 2 enmarcadas en un cuadro. Una de ellas perteneciente a una fuente de alimentación (1), y el (2) a un aire acondicionado. Para los cinco días de medición, aunque ambos puntos arrojaron valores entre 1,05  $\mu\text{T}$  y 1,14  $\mu\text{T}$ , el ambiente electromagnético promedio de todo el local fue de 0,239  $\mu\text{T}$ . En el Dpto. de Soporte de Vida (Local 2) representado en la figura 5, a pesar que el valor señalado como punto 1 equivale a 2,79  $\mu\text{T}$ , el promedio de inducción magnética del área equivale a 0,118  $\mu\text{T}$ . Este valor se debe a que el resto de los promedios puntuales obtenidos en las mediciones, no sobrepasan los 0,5  $\mu\text{T}$  y hace que se compensen las radiaciones ambientales por todo el local.

En el Dpto. de Electro-óptica el promedio obtenido fue de 0,158  $\mu\text{T}$ , los mayores valores se obtuvieron en tres puntos de interés. En la señalización 1, de la figura 6, el valor obtenido en la medición tiene justificación visible en el mapa de colores. Este punto resalta en color rojo debido a la colindancia del mismo con el local en el que se someten equipos electromédicos a un proceso de desinfección por luz infrarroja. La radiación infrarroja es un tipo de CEM y como este atraviesa cualquier medio, no es raro que se encontraran valores alrededor de 0,87  $\mu\text{T}$  en este punto específico. En este mismo local, la señalización 2 representa una coloración extendida debido a la presencia de una red de cableado coincidente con los puntos de medición en esa zona, lo preocupante de esto es que se encuentran al nivel de la cabeza y cuello del trabajador mientras está sentado en su puesto de trabajo y la radiación que emana es constante, los niveles de campo hallados en esos puntos están comprendidos entre 0,5  $\mu\text{T}$  y 0,8  $\mu\text{T}$ . La señalización 3, representa una cabina de seguridad eléctrica, el valor máximo fue de 6,8 mG aproximadamente. En el resto del área los valores se encontraban por debajo de 0,15  $\mu\text{T}$  lo que evita que el promedio del área sea alto, con un valor de 0,158  $\mu\text{T}$ .

En el Dpto. de electromecánica el promedio que se obtuvo fue de 0,318  $\mu\text{T}$  a pesar de los puntos marcados como mayores valores en la figura 7. En esta área el mapa de colores, aunque se encuentra en color azul representativo de valores bajos, los mismos se localizan sobre los 0,5  $\mu\text{T}$ . La señalización 1 reveló un valor promedio de 0,80  $\mu\text{T}$ , perteneciente a un flujo laminar que actualmente hace la función de ventilador. La señalización 2 corresponde a uno de los aires acondicionados, que mientras estaba en funcionamiento marcaba valores de medición de entre 0,75  $\mu\text{T}$  y 0,102  $\mu\text{T}$ ; en este punto también hay influencia, aunque no tan cercana, del sistema de elevadores y puede ser un aporte poco significativo pero evidente, en los momentos de la medición del área, como resultado de una interferencia entre los campos emanados por ambos. No obstante, debido a que es el área de mayores dimensiones y menor concentración de puestos de trabajo, puede que su campo magnético ambiental tenga mayor capacidad de dispersión y por ende el valor de inducción del área se haga menos notable.

En la figura 8, representativa del Dpto. de Óptica, se evidencia un valor de campo electromagnético máximo de 0,16  $\mu\text{T}$ , este procedente de la influencia del sistema de elevadores, cuyas paredes son compartidas. Consecuentemente con este dato, el valor de inducción electromagnética promedio obtenido a través del análisis estadístico, resultó el menor valor, de todos los locales medidos, con 0,088  $\mu\text{T}$ . La estadística descriptiva reflejada en la tabla 2, pone en perspectiva las diferentes probabilidades de exposición a las que estarían sometidos los trabajadores según el lugar que ocupen dentro de cada local, por ejemplo, el promedio demuestra que de manera general el trabajador recibe un valor ambiental fijo mientras se traslade por los diferentes puntos del local. Sin embargo, la desviación estándar formula que, durante la estancia de un trabajador en un punto determinado, por un tiempo determinado, va a recibir una diferencia de exposición según la radiación que emane la fuente de campos electromagnéticos más cercana.

Con respecto a la dispersión de radiación que puede existir entre cada uno de los puntos, la varianza es quien define ese valor siempre teniendo en cuenta la media como punto de partida. Esto permite asimismo validar los resultados para poder realizar las comparaciones con respecto a las normativas como se muestra en la figura 9, donde se toma el valor promedio de medición y el valor para límite ocupacional de la ICNIRP.



**Fig.9.** Comparación entre los promedios de los valores obtenidos en las mediciones de cada local y el valor normado por la ICNIRP, 2010, con respecto a los niveles de exposición ocupacional

Las recomendaciones de la ICNIRP proponen límites personales para una jornada de trabajo donde la exposición sea de origen profesional a los campos magnéticos de 50 - 60 Hz en dos condiciones. Una es para cuando la radiación dure toda la jornada y propone  $0,5 \mu\text{T}$  y la otra en el caso de exposiciones cortas de hasta dos horas proponiendo  $5 \mu\text{T}$ [3]. En la gráfica de la figura 9 se puede observar que la radiación promedio ambiental a la que se exponen los trabajadores es menor que la propuesta por la ICNIRP, tanto para el límite espacial o promedio ambiental como para el límite personal propuesto en ambas condiciones, aunque la existencia de valores puntuales altos debe tenerse en cuenta en el momento de ubicar los puestos de trabajo, debido a la aparición de valores por sobre los  $0,5 \mu\text{T}$ .

Los valores obtenidos como media de exposición anual oscilaron entre  $0,02 \mu\text{T}$  y  $0,1 \mu\text{T}$ , estos valores se encuentran por debajo de aquellos recomendados por la ICNIRP como se mostró en la gráfica de comparación, no obstante, a este resultado, los valores que se reportan en este trabajo como media de exposición anual, se encuentran entre los que reportan autores como Salvan [11], como relación de probabilidades de ocurrencias de leucemia en adultos, adquirida por efecto prolongado a la exposición de los campos electromagnéticos de baja frecuencia. También se han reportado por Calberg[12, 13] y Turner [14] en diferentes trabajos que, la exposición laboral promedio de  $0,27 \mu\text{T}$  de campos electromagnéticos entre uno y 14 años, puede provocar cáncer o tumoraciones cerebrales. Por otra parte, Grundy[15] expresa, que entre  $0,6 \mu\text{T}$  y  $0,3 \mu\text{T}$  al año es causa suficiente para la aparición de tumores cerebrales si esta exposición se prolonga entre 15 y 30 años (período que puede cumplir un trabajador hasta su jubilación) [11,16].

## CONCLUSIONES

Se logró realizar la medición de campo magnético en los cinco locales propuestos en esta investigación y con ella su caracterización. La comparación y análisis de los resultados obtenidos, con las recomendaciones de la ICNIRP demuestra que los valores a los que están sometidos los trabajadores se encuentran por debajo de las recomendaciones, aunque deben vigilarse casos puntuales dentro de los locales, donde estos valores se encuentran excedidos para la ubicación de los puestos de trabajo.



## REFERENCIAS

- [1] Ghazikhanlou-Sani K, *et al*, "Evaluation of the electromagnetic field intensity in operating rooms and estimation of occupational exposures of personnel". *Interventional Medicine & Applied Science*, 2018, vol. 10, n. 3, p. 121–126. [Consultado el 22 de octubre de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1556/1646.10.2018.18>
- [2] "International Standard IEC (60601-1-2 © IEC: 2001+A1:2004(E)) 60601-1-2". Edition 2.1, 2004-11, Medical electrical equipment – Part 1-2: General requirements for safety – Collateral standard: Electromagnetic compatibility – Requirements and tests", Copyright © IEC, 2004, Geneva, Switzerland p 19. [Consultado el 23 de octubre de 2022]. Disponible en: [https://webstore.iec.ch/p-preview/info\\_iec60601-1-2%7Bed2.1%7Den.pdf](https://webstore.iec.ch/p-preview/info_iec60601-1-2%7Bed2.1%7Den.pdf)
- [3] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, "ICNIRP Guide lines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1HZ – 100 kHz)". *Health Physics*, 2010, vol. 99, n. 6, p. 818-836. [Consultado el 20 de octubre de 2022]. Disponible en:
- [4] Ohliger T. "La política de medio ambiente: principios generales y marco básico". Fichas temáticas sobre la Unión Europea, Parlamento Europeo. 2019. [Consultado el 22 de octubre de 2022]. Disponible en: <http://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/71/la-politica-de-medio-ambienteprincipios-generales-y-marco-basico>
- [5] Carvajal J., *et al*. "Campo magnético ambiental en una Unidad de Terapia Intensiva Neonatal. Importancia de su verificación", *Arch Argent Peditr*. 2020, vol.118, n. 3, p. 246-251. [Consultado el 22 de octubre de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5546/aap.2020.eng.e246>
- [6] Direct Industry by Virtual expo Group, "Aparato de medición de campo magnético EMDEX II". [consultado el 25 de enero 2022]. Disponible en <https://www.directindustry.es/prod/emdex-llc/product-198610-1982730.html>
- [7] Y. Díaz Roller, *et al*. "Análisis del comportamiento del campo magnético en áreas de laboratorios de computación," *Ingeniería Energética*, 2021, vol. 42, n. 2, p. 23-35, 2021. ISSN 1815-5901. [Consultado el 22 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/619/764>
- [8] J. Carvajal de la Osa, I. Pérez Almirall, and M. Castro Fernandez, "Análisis del campo magnético en una institución hospitalaria," *Ingeniería Energética*, 2018, vol. 39, n. 3, p. 176-185, ISSN 1815-5901. [Consultado el 22 de octubre de 2022]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59012018000300005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012018000300005)
- [9] I. Aguiar ramos, *et al*. "Caracterización de la interferencia electromagnética en una sala de neurofisiología," *Ingeniería Energética*, 2020, vol. 41, n. 3, p. 11. ISSN 1815-5901. [Consultado el 22 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/599/pdf>
- [10] M. Ruz Ruiz, *et al*, "Efectos sobre la salud humana de los campos magnéticos y eléctricos de muy baja frecuencia (ELF)", Junta de Andalucía. Consejería de Empleo. ed. España: Junta de Andalucía, 2010, p. 218. [Consultado el 22 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/24093/2/Efectos%20sobre%20la%20salud%20humana%20de%20los%20campos%20el%C3%A9ctricos%20y%20magn%C3%A9ticos%20ELF.pdf>
- [11] A. Salvan, *et al*. "Childhood Leukemia and 50 Hz Magnetic Fields: Findings from the Italian SETIL Case-Control Study," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Open Access. 2015, vol. 12, n. 2, p. 2184-2204. [Consultado el 22 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4344719/>
- [12] M. Carlberg, Tarmo Koppel, and M. Ahonen, "Case-control study on occupational exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields and glioma risk," *American Journal of Industrial Medicine*, 12 February 2017, vol. 60, n. 5, p. 494–503. DOI: 10.1002/ajim.22707. [Consultado el 22 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28394434/>
- [13] M. Carlberg, *et al*. "Case-Control Study on Occupational Exposure to Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields and the Association with Meningioma," *BioMed Research International*, January 2018, p. 1-7. DOI: 10.1155/2018/5912394. [Consultado el 22 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29511686/>
- [14] M. C. Turner, G. Benke, and J. D. Bowman, "Occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and brain tumour risks in the INTEROCC study," *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*, 2014, vol. 23, n. 9, p. 72. DOI: 10.1158/1055-9965. [Consultado el 22 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24935666/>
- [15] A. Grundy, *et al*. "Occupational exposure to magnetic fields and breast cancer among Canadian men," *Cancer Medicine*, 2016, vol. 5, n. 3, p. 586–596. DOI: 10.1002/cam4.581. [Consultado el 22 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26792203/>

- [16] D. O. Carpenter, "Extremely low frequency electromagnetic fields and cancer: How source of funding affects results," *Environmental Research*, vol. 178, p. 1-7, 2019. DOI: 10.1016/j.envres.2019.108688. [Consultado el 22 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31476684/>

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

**Jessika Rodríguez Morales:** <https://orcid.org/0009-0003-6799-0467>

Diseño de la investigación, recolección de datos, análisis y procesamiento de los resultados, confección del borrador del artículo.

**Carlos Alberto García Medina:** <https://orcid.org/0000-0002-7753-2924>

Diseño y supervisión de la investigación, recolección de datos, análisis de los resultados y redacción del borrador.

**Iosvany Aguiar Ramos:** <https://orcid.org/0000-0002-4622-8591>

Diseño de la investigación, recolección de datos. Participó en el análisis de los resultados, revisión crítica y aprobación final del artículo.

**Yenisel Díaz-Roller:** <https://orcid.org/0000-0002-6574-9675>

Diseño de la investigación, recolección de datos. Participó en el análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo y aprobación final del artículo.

**Janet Carvajal de la Osa:** <https://orcid.org/0000-0001-7954-8359>

Diseño de la investigación, recolección de los datos, análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo, la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.

**María Elena Martínez:** <https://orcid.org/0000-0001-6557-9007>

Revisión del estado del arte, análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo, la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.