

TecnoLógicas

Tecno Lógicas

ISSN: 0123-7799

tecnologicas@itm.edu.co

Instituto Tecnológico Metropolitano  
Colombia

Escobar, Adolfo; Silva, Johanna O.; Cadavid, Héctor  
Mapeo del campo magnético de frecuencia industrial en un ambiente hospitalario  
Tecno Lógicas, núm. 24, julio, 2010, pp. 71-83  
Instituto Tecnológico Metropolitano  
Medellín, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=344234318005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# MAPEO DEL CAMPO MAGNÉTICO DE FRECUENCIA INDUSTRIAL EN UN AMBIENTE HOSPITALARIO

ADOLFO ESCOBAR<sup>1</sup>

JOHANNA O. SILVA<sup>2</sup>

HÉCTOR CADAVID<sup>3</sup>

## Resumen

El ambiente hospitalario es rico tanto en número como en diversidad de equipos electrónicos, que son susceptibles de recibir señales que posiblemente produzcan perturbaciones funcionales en ellos. El aumento de fuentes de campos electromagnéticos en tales ambientes, ha llevado a los investigadores alrededor del mundo a cuantificar el riesgo potencial de interferencia electromagnética en los equipos médicos. Para reducir los riesgos en estos equipos, es importante conocer el ambiente electromagnético que puede ser encontrado en los hospitales y clínicas. En este artículo se presentan los resultados de mediciones de campo magnético de frecuencia industrial realizadas en diferentes servicios de un gran hospital. Los resultados muestran que el campo magnético en algunos cuartos fue superior a los niveles de prueba de inmunidad establecidos por estándares internacionales para equipos médicos.

## Palabras clave

Equipo médico, interferencia electromagnética, mapeo de campo magnético, frecuencia industrial.

- 
- 1 Grupo de Investigación en Integración de Soluciones con Tecnologías de Información y Comunicación, INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO, [adolfoescobar@itm.edu.co](mailto:adolfoescobar@itm.edu.co)
  - 2 Grupo de Investigación en Alta Tensión, Universidad del Valle, [79jsilva@gmail.com](mailto:79jsilva@gmail.com)
  - 3 Grupo de Investigación en Alta Tensión, Universidad del Valle, [hcadauid@univalle.edu.co](mailto:hcadauid@univalle.edu.co)

Fecha de recepción: 11 de marzo de 2010

Fecha de aceptación: 19 de junio de 2010

## Abstract

The hospital environment is rich both in number and diversity of electronic equipment, which is susceptible of receiving signals that may produce functional disturbances in these devices. The increase of electromagnetic fields sources in these environments, has led to researchers around the world to quantify the potential risk of electromagnetic interference on medical equipment. To reduce risks in these equipments, it is important to know the electromagnetic field environment that can be found in the hospitals and clinics. In this paper, the results of power frequency magnetic field measurements carried out in different services of a large hospital are presented. The results show that magnetic field in some rooms was higher than immunity test levels established by international standard for medical devices

## Keywords

Medical equipment, electromagnetic interference, magnetic field mapping, power frequency.

## 1. INTRODUCCIÓN

La proliferación de campos eléctricos y magnéticos de diferentes frecuencias en todos los ambientes, incluyendo el ambiente hospitalario, ha generado inquietudes sobre los posibles efectos de los campos electromagnéticos en el funcionamiento de los equipos electrónicos de medida, supervisión y control, especialmente en aquellos de uso médico y cuya falla podría tener un potencial impacto sobre la vida de los pacientes. En el ambiente hospitalario, estos campos son producidos tanto por fuentes internas como externas a la instalación.

El efecto de los campos radiados adquiere particular relevancia cuando influyen sobre el funcionamiento de los equipos médicos que están monitoreando parámetros fisiológicos o dando soporte a la vida de los pacientes. En 1979, se publicó la primera norma (FDA, 1979) que manejaba aspectos relacionados con las interferencias electromagnéticas con los equipos médicos. A partir de entonces, diversos investigadores empezaron a tratar este tema, siendo el trabajo presentado por Silberberg (1993) uno de los más importantes y que sirvió de referencia a investigaciones posteriores.

A partir de la comprobación de las interferencias en los equipos médicos, la preocupación existente en los trabajos siguientes se centró en identificar la influencia de fuentes externas al hospital, principalmente las relacionadas con los sistemas de comunicación como estaciones de radio, TV y telefonía celular, en la caracterización del ambiente electromagnético de un hospital (Boisvert *et al.*, 1991; Vlach *et al.*, 1995). Sin embargo, pocos trabajos han sido realizados para caracterizar el ambiente magnético de baja frecuencia en hospitales (Spyropoulos *et al.*, 2001; Hanada, 2007).

El cableado eléctrico del hospital está diseñado para alimentar todos los equipos, incluyendo los equipos médicos. Sin embargo, un conductor eléctrico por el cual fluye una corriente genera un campo magnético alrededor de él. La magnitud del campo magnético es proporcional a la cantidad de corriente. En un gran hospital, el

número de equipos médicos crece rápidamente, por lo tanto, la demanda de electricidad crece igualmente. Esto quiere decir que un aumento en la cantidad de corriente producirá un incremento en la intensidad del campo magnético al interior del hospital.

Un alto nivel de campo magnético podría afectar la operación adecuada de los equipos médicos (Álvarez, 1998). Por lo tanto, es necesario evaluar los niveles de campo magnético de frecuencia industrial (60/50 Hz) en los diferentes cuartos y áreas de los hospitales. Esto permitirá conocer si los equipos médicos están operando en un ambiente “seguro”.

En este artículo se presentan los resultados de los niveles de campo magnético medidos en un ambiente hospitalario. Las mediciones fueron realizadas con el fin de caracterizar el ambiente magnético del hospital. Los resultados de la medición fueron comparados con los niveles fijados en el estándar IEC 60601-1-2 (IEC, 2004). Este estándar establece que los equipos médicos deben trabajar normalmente en un campo magnético de 3 A/m (aproximadamente 37,7 mG). También establece que los campos magnéticos de frecuencia industrial deben estar a niveles característicos de un ambiente comercial u hospitalario.

## 2. METODOLOGÍA

Las mediciones de campo magnético se llevaron a cabo en la Clínica Valle del Lili de la ciudad de Cali, Colombia. Este hospital cuenta con nueve pisos y sótano y tiene un área de 42.000 m<sup>2</sup>. Los servicios dentro de los cuales se realizaron las mediciones fueron Cirugía ubicado en el segundo piso, Unidad de Cuidados Intensivos Neonatal ubicada en el primer piso, Unidad de Cuidados Intensivos Pediátrica ubicada en el tercer piso, Unidad de Cuidados Intensivos Adultos ubicada en el segundo y tercer piso, Recuperación Adultos ubicado en el séptimo piso y Laboratorio Clínico ubicado en el primer piso. Este último servicio al ser tan extenso se dividió en dos grupos para facilitar el desarrollo de las mediciones.

En cada una de los servicios se escogieron diferentes cuartos para realizar las mediciones. Los cuartos fueron escogidos de acuerdo con la disponibilidad que ellos presentaban sin interferir con el normal funcionamiento del hospital. En la Tabla 1 se muestra la cantidad de cuartos medidos en cada uno de los servicios.

TABLA 1. NÚMERO DE CUARTOS MEDIDOS POR SERVICIO

No.	Servicio	Sigla	Cuartos medidos
1	Cirugía	C	16
2	UCI Neonatal	UCI-N	2
3	UCI Pediátrica	UCI-P	31
4	UCI Adultos	UCI-A	31
5	Recuperación Adultos	RA	19
6	Laboratorio Clínico I	LC-I	15
7	Laboratorio Clínico II	LC-II	14
Total			128

En las mediciones fue usado el medidor de campo magnético EMDEX II. Tres bobinas están localizadas al interior del medidor para registrar la densidad de campo magnético de cada eje (Bx, By, Bz). El microprocesador calcula instantáneamente el campo magnético resultante a partir de las lecturas de campo magnético de cada eje. El medidor EMDEX II tiene una resolución de 0,1 mG, un rango de 0,1-3000 mG y una exactitud a plena escala de 1%. Para el análisis de los resultados se utilizó el software EMCALC 2007, el cual acompaña al medidor.

En una gran área, el método del mapeo puede ser usado para evaluar la variación espacial del campo magnético. Este método consiste en hacer un recorrido a lo largo y ancho del sitio (tratando de abarcar la mayor área posible) con el fin de identificar las zonas con los mismos valores de campo magnético. Los valores son entonces mostrados en un mapa de contornos o en un mapa 3D. La selección del recorrido se hizo con el fin de abarcar el mayor espacio posible dentro del cuarto. Sin embargo, el recorrido estaba

limitado por la cantidad y ubicación de los diferentes elementos que se encontraban al interior (equipos médicos, mobiliario, etc.).

Primero, se realizó la medición de campo magnético en cada uno de los diferentes cuartos que hacían parte del servicio, con el fin de obtener el mapa de contorno de esas pequeñas áreas. En la Fig. 1 se muestra el recorrido efectuado y el mapa de contorno obtenido en uno de los cuartos (patología) del laboratorio clínico.



FIG. 1. RECORRIDO Y MAPA DE CONTORNO DE CAMPO MAGNÉTICO DE UN CUARTO

Después los mapas de contorno de cada cuarto fueron unidos para generar un mapa de todo el servicio. Durante el recorrido efectuado en cada uno de los cuartos, el medidor almacenaba el valor rms de las componentes X, Y y Z del campo magnético cada 1,5 segundos. Todas las mediciones se hicieron a una altura de un metro sobre el nivel del piso. Esta altura se ha escogido como referente en las investigaciones a nivel mundial, para poder comparar los resultados. En la Fig. 2 se muestra el mapa de contorno de campo magnético medido en el servicio de Laboratorio Clínico I. El cuarto de Patología, mostrado en la Fig. 1, ha sido encerrado en un círculo.

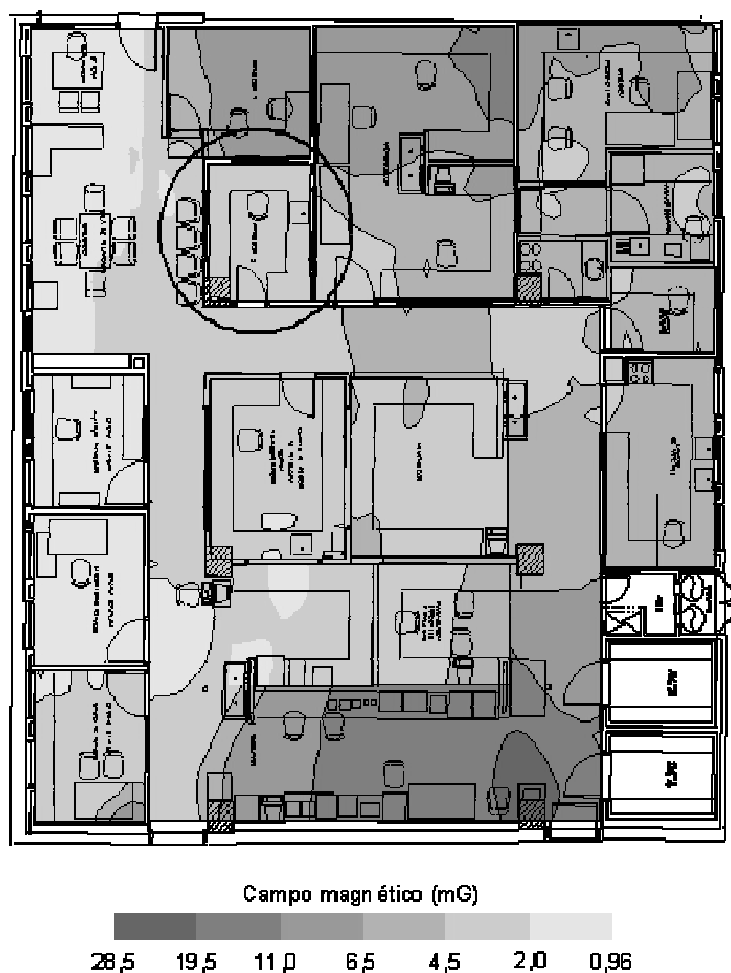


FIG. 2. MAPA DE CONTORNO DE CAMPO MAGNÉTICO MEDIDO EN EL SERVICIO DE LC-I

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig. 3 se presentan los valores máximos y promedio medidos en los siete servicios. Los resultados de las mediciones se compararon contra el nivel de ensayo exigido por la norma IEC 60601-1-2 (línea punteada en la Fig. 3) (IEC, 2004). Esta norma

establece que todos los equipos médicos deben soportar un nivel de campo magnético a 50/60 Hz de 37,8 mG (3 A/m). La exactitud de las mediciones se establece en  $\pm 1\text{-}2\%$ , la cual es la exactitud del medidor.

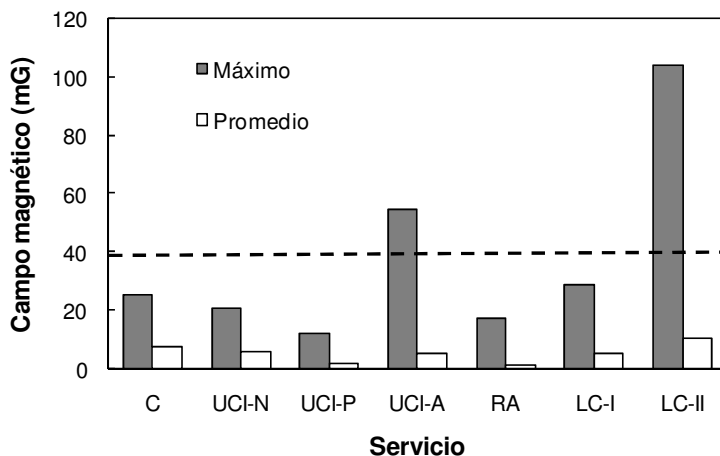


FIG. 3. NIVELES DE CAMPO MAGNÉTICO MÁXIMO Y PROMEDIO MEDIDOS EN LA CLÍNICA

De acuerdo a la Fig. 3, en dos servicios fueron encontrados niveles de campo magnético superiores al estándar de la IEC: Laboratorio Clínico II y Unidad de Cuidados Intensivos Adulto. En el Laboratorio Clínico fue medido un campo magnético de 103,7 mG en un pequeño cuarto con grandes equipos médicos usados en pruebas infecciosas (ver Fig. 4). Esta intensidad de campo magnético es casi tres veces mayor que el valor establecido por la IEC.

En la Unidad de Cuidados Intensivos Adultos, el nivel más alto medido fue 54,7 mG y se encontró en un cuarto con varios equipos médicos trabajando simultáneamente (ver Fig. 5). Este campo magnético excedía en casi dos veces el establecido por la IEC. En los demás servicios, los niveles de campo magnético medidos fueron inferiores a los niveles de inmunidad establecidos por los estándares internacionales.

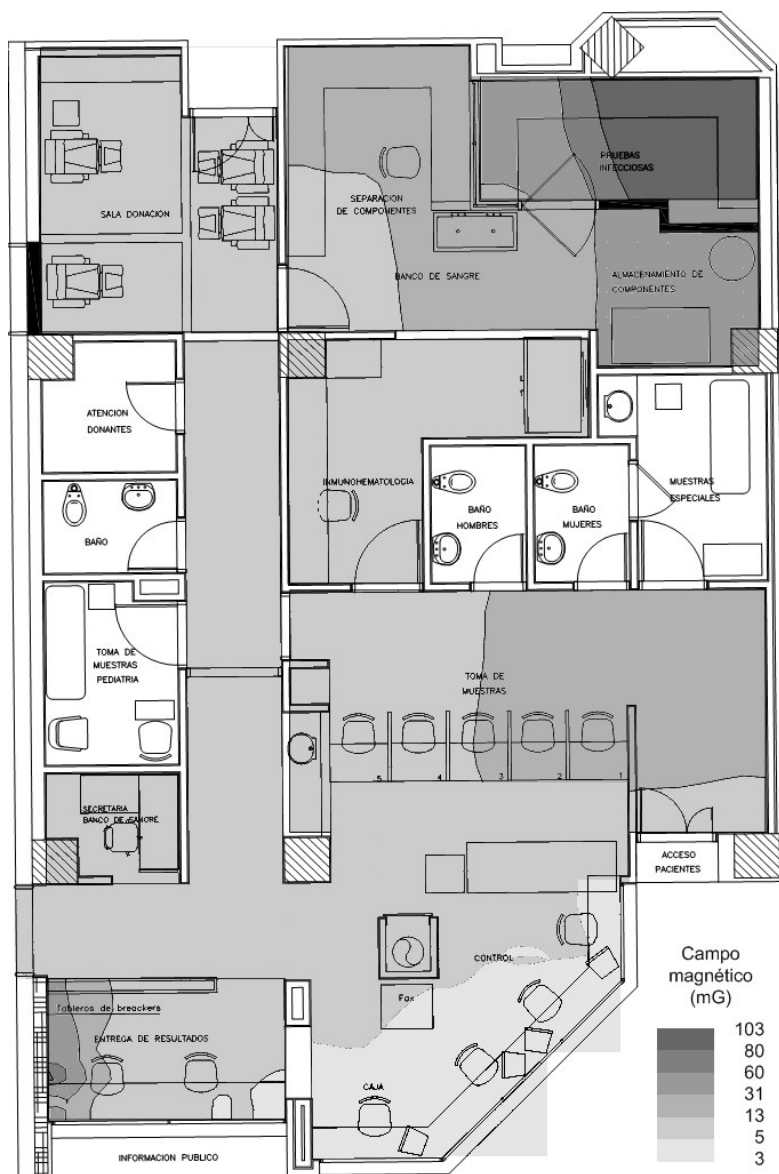


FIG. 4. MAPA DE CONTORNO DE CAMPO MAGNÉTICO MEDIDO EN EL SERVICIO DE LC-II



FIG. 5. MAPA DE CONTOURNO DE CAMPO MAGNÉTICO MEDIDO EN EL SERVICIO DE UCI-A

Con el fin de establecer si existe algún riesgo para los equipos instalados en las dos salas donde se superaron los niveles de campo magnético establecidos en la normativa, es necesario realizar una medición de campo magnético mucho más detallada para identificar las fuentes y llegado el caso tomar medidas para mitigar el campo en este sitio. Esta medición detallada podría incluir:

Mediciones del campo magnético ambiente con el sitio desenergizado (bajar los breakers y desconectar todos los equipos). Esto para determinar si hay fuentes externas que estén aportando al nivel de campo en la sala. Mediciones con los breakers energizados pero los equipos desconectados, para evaluar el nivel de campo generado por las instalaciones eléctricas del cuarto en estudio. Si se sospecha que un equipo es la mayor fuente, energizar dicho equipo y realizar de nuevo la medición. Repetir el paso anterior para cada uno de los otros equipos que se encuentren en el sitio de medición. Si es necesario repetir las mediciones a diferentes alturas o dejar registrando el medidor de campo por un período de tiempo en puntos específicos de la sala.

Después de realizar las mediciones con diferentes niveles de carga, se deben revisar los resultados de los niveles de campo magnético obtenidos y de acuerdo a estos se podrá identificar cual es la fuente que está generando el nivel de campo magnético alto y tomar las medidas del caso para disminuir el riesgo de interferencia en los equipos médicos instalados en el sitio.

Sin embargo, es importante aclarar que no hay soluciones simples en el tema de mitigación de campos. Cada caso debe ser estudiado por separado y la solución depende del nivel al cual el campo debe ser reducido y la configuración de la fuente. El problema principal es el costo, el cual obedece al tamaño del área que se quiere proteger y la atenuación requerida.

Los niveles de campo magnético por encima del estándar de la IEC, pueden producir en los equipos médicos fallas tales como, disparo de alarmas, ruido en las señales, enmascaramiento de datos (el equipo presenta resultados dentro de los valores y parámetros esperados por el personal médico pero estos son erróneos) e incluso reinicio del sistema (Calvo *et al.*, 2008).

#### 4. CONCLUSIONES

Fueron medidas las intensidades de campo magnético de frecuencia industrial en siete grandes áreas de un hospital en la

ciudad de Cali, Colombia. En la mayoría de los cuartos, los valores medidos fueron inferiores al nivel de inmunidad radiada a 60 Hz para equipos médicos establecido por el estándar de la IEC. Únicamente en dos cuartos se encontraron valores superiores a este nivel. En estas áreas, podrían ocurrir fallas en los equipos médicos.

Es muy importante evaluar el nivel de campo magnético en los cuartos de un hospital antes de instalar un equipo médico con el fin de asegurar su apropiado funcionamiento y prevenir problemas futuros.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ingeniero Leonardo García, de la Fundación Clínica Valle del Lili, y a todo el equipo de mantenimiento por su colaboración durante el proceso de las mediciones.

## 6. REFERENCIAS

- Álvarez, J., (1998); Medición y control del campo magnético de extremada baja frecuencia en hospitales de la Comunidad de Madrid, Tesis de Doctorado, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, España.
- Boisvert, P., Segal, B., Pavlasek, T., Retfalvi, S., Sebe, A., Caron, P., (1991); Preliminary survey of the electromagnetic interference environment in hospitals, IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, 214-219, Cherry Hill, United States.
- Calvo, P.C., Escobar, A., Pinedo, C.R., (2008); Interferencia electromagnética en equipos médicos debida a equipos de comunicación inalámbrica, Revista Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, 46(1), 90-100.
- FDA-Food and Drug Administration (1979); FDA MDS-201-0004, Electromagnetic compatibility standard for medical devices, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Bureau of Medical Devices.
- Hanada, E., (2007); The electromagnetic environment of hospitals: how it is affected by the strength of electromagnetic fields generated both inside and outside the hospital, Annali dell'Istituto Superiore di Sanita, 43(1), 208-217.

- IEC-International Electrotechnical Commission, (2004); International Standard IEC 60601-1-2, Medical Electrical Equipment, Part 1: General Requirements for Safety, Part 2: Collateral Standard: Electromagnetic Compatibility - Requirements and Tests, Geneva, Switzerland.
- Silberberg, J., (1993); Performance degradation of electronic medical devices due to electromagnetic interference, *Compliance Engineering*, 10(5), 25-39.
- Spyropoulos, B., Glotsos, D., Batistatos, D., & Marneris, I., (2001); Creating an electromagnetic interference risk distribution map in the modern hospital, *IEEE EMBS 23rd Annual International Conference*, 25-28, Istanbul, Turkey.
- Vlach, P., Segal, B., Pavlasek, T., (1995); The measured & predicted electromagnetic environment at urban hospitals, *IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, 4-7, Atlanta, United States.