

Evaluación de la Compatibilidad Electromagnética en Ambientes Hospitalarios

C. Tremola, M. Azpurúa, E. Páez

Laboratorio de Electromagnetismo Aplicado (LEA), Instituto de Ingeniería (FII).
Carretera Nacional Baruta - Hoyo de la Puerta, Altos de Sartenejas, Urb. Monte Elena II, entrada IDEA
Baruta Estado Miranda, Código Postal 1040A, Venezuela, +58 212 9034702, ctremola@fii.gob.ve

RESUMEN

Desde hace varios años la compatibilidad electromagnética (CEM) es un tema de creciente interés en el diseño de los productos eléctricos, electrónicos y de telecomunicaciones. Entre estos productos se encuentran los equipos electromédicos. Tal y como es declarado por distintos organismos (FDA/CDRH, COMAR, IEEE-EMBS, IEC) los centros de salud deben tener normativas que permitan controlar, monitorear y evaluar sus equipos médicos y su entorno electromagnético a fin de prevenir posible errores en diagnósticos y minimizar riesgos de operatividad. Este estudio realiza una evaluación en distintos tipos de centro de salud con respecto a las normativas en compatibilidad electromagnética (IEC 60601-1-2) y otras recomendaciones, para identificar las condiciones técnicas de estas instalaciones. Los resultados arrojaron que actualmente no se aplican tales normativas, y que dicha situación puede ser resuelta a través de simples acciones que mejorarían la seguridad y la calidad del servicio de salud con respecto a la compatibilidad electromagnética.

Palabras claves: Compatibilidad Electromagnética, Seguridad Eléctrica, Ambientes hospitalarios, Bioingeniería, Normas Técnicas.

ABSTRACT

For several years, the electromagnetic compatibility (EMC) is a topic of growing interest in the planning and design of electrical, electronic and telecommunications equipment. Between those products, the electromedical equipment and systems are included. As its stated by several agencies (FDA / CDRH, COMAR, IEEE-EMBS, IEC) health centers should have policies that allow regulations to control and monitor its electromagnetic environment so possible errors could be prevented and the risk of mal functioning could be minimized. This study provides an assessment of different types of health care centers with regard to regulations on electromagnetic compatibility (IEC 60601-1-2) and similar studies to identify the technical conditions of these establishments. The results showed that currently the Health care facilities do not comply with these regulations, and this situation could be resolved through simple actions that increase and improve the safety and quality of health care centers service with regard to electromagnetic compatibility.

Keywords: Electromagnetic Compatibility, Electrical safety, Health care environments, bioengineering, Technical standards.

1. INTRODUCCIÓN

Se entiende por compatibilidad electromagnética (CEM) a la capacidad de dos o más sistemas para funcionar cada uno satisfactoriamente en el ambiente electromagnético en el que se encuentran [1]. Esos sistemas pueden ser aparatos electrónicos, instrumentos de medidas u organismos vivos. El estudio de la compatibilidad electromagnética se divide en tres partes: Emisor o fuente de la interferencia, mecanismos de acoplamiento y el receptor o víctima de la interferencia. Entre los emisores que se pueden encontrar en un ambiente hospitalario tenemos: Equipos de telecomunicaciones (teléfonos móviles, internet inalámbrico, etc.), Escáner de Resonancia Magnética, Equipos de Monitoreo a distancia, entre otros. Como mecanismos de acoplamiento tenemos la radiación electromagnética, los cables de alimentación, de señal y de datos y los acoplamientos inductivos y capacitivos. Entre los receptores encontramos cualquier equipo electromédico sensible: monitores multi-parámetros, bombas de infusión, electro-ventiladores, marcapasos, computadoras, etc.

El rápido crecimiento en la capacidad de los procesadores, el acceso cada vez más veloz a la información, junto con procesos acelerados de control y monitoreo, han contribuido a que los equipos médicos sean cada vez más sensibles a las interferencias electromagnéticas (EMI) producto de las nuevas tecnologías existentes, si además se tiene en cuenta el uso masivo de dispositivos inalámbricos de comunicaciones de utilidad comercial y/o industrial; se considera que la compatibilidad electromagnética (CEM) se ha convertido en una disciplina necesaria para lograr que todos los sistemas electromédicos coexistan en el mismo entorno [1].

Un trabajo de investigación realizado en Argentina por el Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA) con el apoyo de la Defensoría del Pueblo de la Ciudad de Buenos Aires [3] sobre un diagnóstico de Compatibilidad Electromagnética en Ambientes Hospitalarios en más de 48 centros de salud, concluyó lo siguiente:

- La escasa información con la que cuenta el sector involucrado (hospitales públicos del país), permite mostrar el alto grado de desconocimiento sobre los alcances y consecuencias de la temática abordada.

- Resulta necesario exponer el tema de la compatibilidad electromagnética en centros de salud, públicos y privados, tanto a nivel nacional como provincial, con la finalidad de concientizar a los actores involucrados sobre la problemática.

Dichos resultados indican que es de gran importancia dar pasos concretos y avanzar en la búsqueda de un diagnóstico que permita determinar situación actual de

los centros de hospitalarios y de cuidado de salud, para poder planificar políticas desde la gestión pública. Todo esto se basa en una investigación clave que llevan adelante ingenieros del Centro Argentino de Estudios en Radiocomunicaciones y Compatibilidad Electromagnética (CAERCEM), junto con la Defensoría del Pueblo de la Nación y de la ciudad de Buenos Aires para alertar y concientizar a médicos, técnicos y pacientes sobre los inconvenientes que se producen al utilizar sus teléfonos celulares en áreas sensibles de los centros sanitarios, como quirófanos y salas de terapia intensiva. Este trabajo contribuyó con la creación de un proyecto de ley en la República Argentina N°1773/f-2005 de "Prevención Sobre Incompatibilidad Electromagnética en Establecimientos de Salud".

En Venezuela, el desconocimiento sobre el tema y las pocas regulaciones y control en materia sanitaria, intensifican aun más el problema. Por lo tanto se hace necesario iniciar un estudio mediante el cual se evalué el estado de las instituciones de salud en lo concerniente a la Compatibilidad Electromagnética, tomando como referencia algunas experiencias previas [2]-[6]. En este artículo se proponen soluciones y recomendaciones efectivas a favor de tener una mejor calidad en la prestación del servicio de salud.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

- La norma IEC 60601-1-2

Es una norma colateral de la familia IEC 60601-1 (Requisitos generales para la seguridad básica y el funcionamiento esencial de equipos electromédicos) su objetivo es especificar requisitos generales y de ensayos para Compatibilidad Electromagnética (CEM) de equipos Electromédicos (EM) y Sistemas Electromédicos (EM). Esto es una adición a los requerimientos a la norma general y sirve como base para normas particulares. En Argentina se identifica como IRAM 4220-1-2 y en Venezuela desde el año 2009 se adoptó con el código NTF 3968:2009.

- El Documento Acompañante

Según la norma IEC 60601-1-2[2], el documento acompañante es un informe que debe poseer cada equipo electromédico, donde se especifique por parte del fabricante, las precauciones y advertencias con respecto a CEM que posee el equipo, los ensayos tanto de emisiones e inmunidad que le ha sido realizado, los niveles de conformidad con su debida justificación, entre otras cosas. Es requisito de ley en muchos organismos regulatorios nacionales que para la homologación de los equipos electromédicos cada fabricante o importador presente su documento acompañante ante los entes competentes.

- El marcado

Se entiende por el marcado, toda la simbología técnica que debe presentar visiblemente cada equipo electromédico según sea especificado en las advertencias y precauciones del documento acompañante. Por ejemplo, si un equipo electromédico contiene transmisor RF o aplica energía de RF para fines de diagnóstico o tratamiento, deben ser marcado con el símbolo de la Fig.1. El marcado es útil para informar sobre las precauciones que se deben adoptar con respecto al uso del equipo electromédico.



Fig. 1. Marcate de Radiación No Ionizante (RNI) (IEC 60417-5134)

- La telefonía móvil

Los sistemas de telefonía móvil utilizan la transmisión de ondas de radio que permiten la comunicación de sus usuarios desde cualquier lugar que se encuentren e incluso en movimiento. Para poder ofrecer este servicio, los sistemas de telefonía móvil requieren de la existencia de elementos fundamentales como son el propio teléfono móvil y las estaciones base, compuestas primordialmente por antenas receptoras y transmisoras de las señales de radio, además de equipos electrónicos asociados. Para satisfacer las necesidades de los usuarios, los operadores de telefonía móvil deben desplegar una red de estaciones base que proporcione una cobertura con la calidad adecuada.

Como lo han demostrado recientes investigaciones el creciente uso de esta tecnología ha contribuido en el aumento de las interferencias electromagnéticas (EMI) en equipos médicos, por lo tanto su uso en ambientes hospitalarios debe ser regulado [9]-[14]

- La descarga electrostática (DE)

Se entiende por Descarga Electrostática la transferencia de carga eléctrica entre cuerpos con diferente potencial electrostático, en proximidad o a través del contacto directo. La diferencia de potencial aumenta de acuerdo a la triboelectricidad del material y la probabilidad de descarga aumenta de acuerdo a las condiciones ambientales. Por ejemplo, entre una superficie de vidrio y de teflón habrá mayor diferencia de potencias, debido a que el vidrio tiene la capacidad de acumular más cargas positivas que negativas y el teflón lo contrario. Por otra parte si el ambiente es húmedo se favorece la transferencia de cargas,

evitando así su acumulación en la superficie del material. De acuerdo a las normas [15] y [17] se recomienda que la sala o cuarto donde se encuentre ubicado el equipo médico posea piso antiestático y en un ambiente con una humedad relativa entre 30% y 60% controlada.

- El sistema eléctrico hospitalario

El sistema eléctrico hospitalario según la norma técnica [14] se divide de acuerdo a los equipos electromédicos que se dispongan. La sala de grupo 0 posee equipos que no se conectan al paciente, por ejemplo consultorios. La sala de grupo 1 posee equipos que se conectan al paciente pero no son invasivos, por ejemplo sala de tomografía, rayos X, etc. La sala de grupo 2 posee equipos médicos invasivos, por ejemplo Unidad de Cuidados Coronarios (UCC), Unidad de Terapia Intensiva (UTI), Quirófanos, etc. Entre los requisitos para la sala de grupo 2 se tiene: poseer alimentación de emergencia, poseer un sistema aislado de tierra (IT) para asegurar un abastecimiento seguro y continuo, posee un sistema equipotencial para evitar riesgo de microshock para el paciente, entre otras cosas. Según la norma [17] el sistema aislado de tierra (IT) comprende: un transformador de aislamiento, un medidor de aislamiento, monitorización de sobrecarga y temperatura, repetidor de alarma acústico y visual y un sistema de puesta a tierra.

- Los armónicos

Son componentes de una señal sinusoidal que se presentan a frecuencias de múltiplos enteros de la frecuencia fundamental. Por ejemplo si la frecuencia fundamental es 60 Hz, su tercer armónico se presenta a 180 Hz y el quinto armónico a 300 Hz. Estos componentes se hallan cuando se realiza la transformación en series de Fourier de la señal periódica en el tiempo. Los principales generadores de armónicos son las fuentes de alimentación del tipo conmutada, los dispositivos de iluminación fluorescentes y las unidades de alimentación ininterrumpida (UPS). Los efectos de los armónicos van desde la distorsión armónica (DTH) en la alimentación eléctrica, sobrecarga en líneas de neutro a sobrecalentamientos de transformadores. Es importante que cada equipo electromédico sea conectado en el sistema eléctrico para el cual fue diseñado.

3. METODOLOGÍA

Selección de los lugares

Para realizar este diagnóstico se procedió a seleccionar los centros de salud y las unidades en función del número de pacientes y usuarios que atienden, de la importancia del área médica (UCC,

UTI, etc.) y de las normativas de compatibilidad electromagnética (CEM). Para ello, gracias con la colaboración de la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de la Salud (MPPS), se obtuvieron los permisos para: un Hospital tipo IV (más de 300 camas), un Centro Clínico Privado, tres Centros Especializados y dos Ambulatorios. Entre las unidades o áreas del estudio se encuentran: unidades de cuidados coronarios (UCC), de trauma-shock, de imagenología (Rayos X, Resonadores, Tomógrafos), de quirófano, de terapia intensiva (UTI) y de neurología. En función de los equipos se tiene: monitores multi-parámetros, desfibriladores automáticos externos, bombas de infusión, electro-ventiladores, tomógrafos, resonadores, acelerador lineal, electro bisturis, electrocardiograma y electroencefalograma.

Recolección de la información

Para la recolección de la información se realizó una encuesta técnica en función de los requisitos de la norma IEC 60601-1-2 [2], de las normas de instalaciones eléctricas de ambientes hospitalarios [15]-[17] y de otras recomendaciones [3]-[7]. Además se realizaron mediciones de campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos en las distintas unidades para comprobar sus valores con respecto a los límites establecidos para estas instalaciones [2]. La encuesta formuló preguntas con respecto a la posesión del equipo electromédico de la documentación exigida por las normas (Documento Acompañante, Manuales, registro de fallas), una evaluación cualitativa de las emisiones electromagnéticas (EMI) y de susceptibilidad electromagnética (EMS) del entorno y del equipo, una evaluación de la instalación eléctrica y las mediciones de campos electromagnéticos.

Las mediciones

Las mediciones de campo eléctrico y magnético a frecuencia de red (50/60 Hz) y de campo electromagnético (100 kHz – 6 GHz) fueron realizados con dos sondas, una tipo raqueta modelo HI-3604 y una sonda isotrópica modelo HI-6105 respectivamente. En el caso de la medición de campo magnético a frecuencia de red (50/60 Hz) se realizaron las medidas en distintos lugares del cuarto y en los tres ejes espaciales (X, Y, Z) posicionando la sonda perpendicularmente a la fuente del campo (Fig. 2). En el caso de la sonda isotrópica se realizó la medida obteniendo el promedio durante seis (6) minutos ubicándola a una altura de 1,50 m del piso por medio de un trípode. Los lugares seleccionados para medir fueron escogidos de acuerdo a las fuentes de emisiones cercanas al equipo electromédico, por ejemplo: iluminarias fluorescentes, tableros eléctricos, motores, ductos de ventilación, redes WiFi, telefonía celular, etc. Como se puede ver en la Tabla II los

valores de la intensidad de campo magnético (A/m) en los diferentes puntos nunca excedieron el límite de 3 A/m de la norma [2]. Estos resultados fueron igual observados en las demás salas o unidades evaluadas. Con relación a las medidas de campo electromagnético (ver tabla I) se pudo constatar que en la mayoría de los lugares medidos nunca se excedió el valor de 1 V/m recomendado por la norma [2]. En la Fig. 4 se observa la medida realizada en un punto de la unidad de trauma-shock. El valor promedio obtenido durante 6 minutos de medición fue de 0,79 V/m.

Tabla I
Medidas de Campo Electromagnético en distintas unidades y centros de salud.

UNIDAD	PUNTOS	MAGNITUD (v/m)
Unidad de Cuidados Coronarios	1	0,4572
	2	0,4809
	3	0,4477
	4	0,4810
Unidad de Trauma-Shock	1	0,7034
	2 (con acceso a teléfonos celulares)	8,827
	3	0,7746
Unidad de Rayos X	1(con acceso a teléfonos celulares)	4,509
	2	0,4246
	3	0,4268
Unidad de Neurología	1	0,4297
	2	0,4262
Sala de Telemando Rx	1	0,4431
Sala de Quirófano	1 (operando el electro- bisturí)	23,42
Quirófano y Sala de Cuidados Intensivos	1	0,4388
	2	0,4465

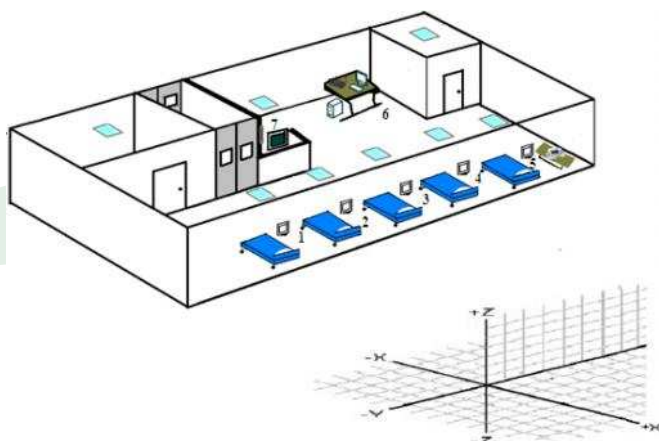


Fig. 2. Croquis de la Unidad de Cuidados Coronarios. Los números indican los puntos de medición.

Tabla II
Medidas de Campo Magnético a frecuencia de red
(50/60 Hz) en la Unidad de Cuidados Coronarios.

PUNTO	MAGNITUD(A/m)
1	0.0968
2	0.0776
3	0.092
4	0.0952
5	0.0784
6	0.04
7	0.16
1	0.1736
2	0.1432
3	0.1456
4	0.14
5	0.1096
6	0.1184
7	0.1616

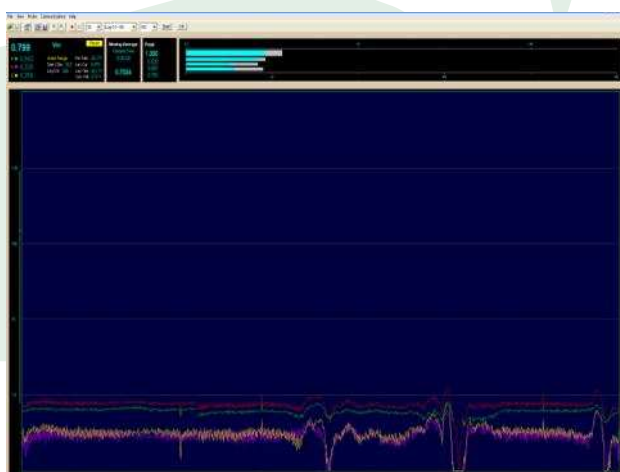


Fig. 4. Medidas de Campo electromagnético (10 MHz – 6 GHz) en la Unidad de Trauma-shock.

Procesamiento de la información

Todas las encuestas compiladas fueron procesadas estadísticamente, midiendo el porcentaje de repetitividad de las respuestas obtenidas. El total de encuestas realizadas fueron 10. El total de las mediciones de campo electromagnético hechas fueron 13. El total de modelos de equipos electromédicos evaluados fueron 20 e incluyó: 2 modelos de desfibriladores automáticos externos, 2 modelos de monitores multi-parámetros, 1 modelo de bomba de infusión, 2 modelos de equipo de rayos X, 2 modelos de tomógrafos, 3 modelos de resonadores, 1 modelo de telemando Rx, 1 modelo de equipo de potenciales evocados, 1 modelo de electroencefalograma, 1 modelo de electrocardiograma, 2 modelos de electro-bisturí, 1 modelo de electro-ventilador y 1 modelo de acelerador lineal.

4. RESULTADOS

A continuación se presenta los resultados más resaltantes:

- De los 20 equipos electromédicos encuestados ninguno reportó poseer documento acompañante (según exige la norma [2]), solo 16 equipos poseen manual de usuario y ninguno posee registro de fallas.
- Solo 16 de los equipos es operado por personal de experiencia (más de 5 años de trabajo) pero sin usar el manual de usuario.
- Solo 1 de 3 resonadores presentaron su marcaje de RNI (Fig. 1). En el caso de los electro-bisturís ninguno lo presentó.
- De las áreas de soporte de vida (UCC, quirófano, UTI) todas reportaron tener presencia de equipos de telefonía celular y de radio (condición prohibida por la FDA de Estados Unidos y legislaciones europeas). En un área se reportó instalada una red WiFi.
- Entre las fuentes emisoras de radiofrecuencias (transmisores de TV, AM/FM, Radio Base de telefonía) no tienen influencia significativa en la cercanía de los centros de salud.
- En los recintos blindados para campos magnéticos se encontró fuga en las ranuras de las puertas debido al desgaste de las cintas dentadas de cobre.
- En todas las unidades de soporte de vida (UCC, UTI, quirófano) no se cuenta con un piso antiestático como lo es recomendado en las normas [15], [17].

- La humedad relativa de los cuartos aunque en la mayoría de las salas evaluadas se encuentra entre 30 % y 60 %, no es controlada automáticamente.
- Con respecto al sistema eléctrico de las salas evaluadas, si bien en su totalidad cumplen con el requisito de puesta a tierra, las salas de soporte de vida no poseen el sistema aislado de tierra (IT) (recomendación de las normas [15]-[16]).
- Los niveles ambientales de campo eléctrico, magnético y electromagnético en la mayoría de las salas evaluadas se obtuvieron por debajo del límite exigido por la norma [2].
- Solo un centro de salud posee un sistema de pararrayo. A pesar de esto no se dispone de registros de mantenimiento.
- En la unidad de quirófano se halló el electrobisturí conectado en el mismo circuito eléctrico del resto de los equipos electromédicos.
- En la mayoría de las salas se hallaron equipos generadores de armónicos (computadores, luminarias, herramientas portátiles, televisores, etc.) conectados en el mismo circuito eléctrico (ramal) de los equipos electromédicos.

5. CONCLUSIONES

Esta evaluación presenta un estudio sobre la situación real en que se encuentra los ambientes hospitalarios en función de los requisitos y especificaciones de la compatibilidad electromagnética (CEM). Desde el punto de vista de los resultados se puede concluir y recomendar las siguientes medidas:

- La homologación y la certificación técnica de los equipos electromédicos en función de la norma IEC 60601-1-2 debe ser un requisito obligatorio para su puesta en servicio. Cada equipo electromédico debe poseer su copia de Documento Acompañante y este debe ser consignada por el fabricante o importador al ente homologador y al establecimiento hospitalario. Esto garantizaría la calidad y seguridad del equipo y establecería las responsabilidades en caso de falla.
- Cada equipo electromédico debe configurarse y operarse de acuerdo a su documento acompañante y a su manual de usuario.
- La utilización de un formato de registro de falla en los ambientes hospitalario permitiría llevar un control, por parte de la unidad técnica de mantenimiento, de las fallas que presenta un determinado equipo y así poder hallar más correctamente su causa y mitigar el problema.
- Educar al personal médico y técnico sobre la CEM y las EMI. Esto ayudaría a operar los

equipos de una mejor forma y minimizaría los riesgos de interferencias.

- En las unidades de soporte de vida (UCC, UTI, Quirófano) debe ser terminantemente prohibido el acceso de personal médico o visita con equipos de comunicación inalámbrica (telefonía móvil, Radios, etc.). Se recomienda la colocación de carteles de prohibición de "PROHIBIDO EL USO DE TELEFONOS CELULARES", en los accesos de estas unidades.
- Las unidades de soporte de vida (UCC, UTI, Quirófano) deben poseer su piso antiestático, su control de humedad relativa y su sistema eléctrico aislado de tierra (IT).
- Los valores de campo electromagnético, eléctrico y magnético en la mayoría de los puntos medidos nunca superó los límites establecidos por la norma IEC 60601-1-2. De todas maneras se recomienda el control e inspección periódica de las fuentes de RF.
- En todas las unidades los equipos generadores involuntarios de interferencias electromagnéticas (electro-bisturí, equipo de onda corta, etc.) deben ser conectado en un circuito eléctrico independiente del resto de los equipos electromédicos y con su propio sistema de puesta a tierra.
- La disposición de los equipos electromédicos en cualquier sala debe ser de acuerdo a la ubicación de los tableros eléctricos, altura de las luminarias fluorescentes y de los ductos de ventilación.
- Los recintos blindados utilizados para los equipos de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) deben ser inspeccionados periódicamente.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio debe un especial agradecimiento a la Dirección general de salud ambiental dependencia del Ministerio de Salud, por su gran apoyo para con los permisos de acceso y de información sobre las instalaciones. Además a los estudiantes de la carrera de Instrumentación y Control del Instituto Universitario Experimental de Tecnología de La Victoria (IUNET-LV) por realizar las encuestas.

REFERENCIAS

- [1] Clayton Paul, Introduction to Electromagnetic Compatibility, 2nd Edition, Wiley series on Microwave and Optical Engineering, 2006.

- [2] IEC 60601-1-2: Medical electrical equipment. Part 1-2: General requirements for basic safety and essential performance – Collateral standard: Electromagnetic compatibility – Requirements and tests. Edition 3.0:2007.
- [3] C. M. Muñoz, Compatibilidad electromagnética en ambientes hospitalarios, Centro de Estudios de Radiaciones y Compatibilidad Electromagnética (CAERCEM), Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA), Buenos Aires, 2005.
- [4] FDA/CDRH Recommendations for EMC/EMI in healthcare facilities. Radiation Emitting Products – U.S Food and Drug Administration (FDA). 2009. www.fda.gov.
- [5] IEEE Committee on Man and Radiation (COMAR), “Radiofrequency interference with medical device”, COMAR Technical Information Statement, IEEE, 1998.
- [6] D. Witters, S. Portnoy, J. Casamento, P. Ruggera y H. Bassen, “Medical Device EMI: FDA analysis of incident reports and recent concerns for security systems and wireless medical telemetry”, International Symposium on Electromagnetic Compatibility, vol.2, pp. 1289 - 1291, 2001.
- [7] E. Hanada, K. Takano, Y. Antoku y otros, “A practical procedure to prevent electromagnetic interference with electronic medical equipment”, en Journal of medical systems, vol. 26, N°1, 2002.
- [8] M.P. Robinson, D. Bozec y C.A. Mashman, “Healthcare engineering and electromagnetic compatibility. Healthcare engineering: latest developments and applications”, en I Mech E, pp. 25-26, 2003.
- [9] A. Jiménez, A. Hernández Madrid y otros, “Interferencias electromagnéticas entre los desfibriladores automáticos y los teléfonos móviles digitales y analógicos”, en Revista española de cardiología, vol. 51, N°5, 1998.
- [10] P. Ruggera y E. O'Bryan, “Studies of apnea monitor radiofrequency electromagnetic interference”, en Annual International conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS), vol. 13, N°4, 1991.
- [11] G. Calcagini, P. Bartolini, M. Floris y otros, “Electromagnetic interference to infusion pumps from GSM Mobile Phones”, en Proc. of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS. September 1-5. 2004.
- [12] R. Martin Nelson y H. Ji. “Electric and Magnetic Fields created by electrosurgical units”, IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, vol. 41, No. 1, 1999. E. Hanada, Y. Antoku, S. Tani y otros.
- [13] “Electromagnetic Interference on medical equipment by low power mobile Telecommunication Systems”, en IEEE Transactions on electromagnetic compatibility, vol. 42, N° 4, 2000.
- [14] P. Vlach, B. Segal y T. Pavlasek “The measured and predict electromagnetic environment at urban hospital”, en IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, pp 4-7. 1995.
- [15] AEA, “Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles. Reglas particulares para la instalación en lugares y locales especiales. Locales para usos médicos y salas externas a los mismo”: AEA 90364-7-710, 2008.
- [16] CODELECTRA, “Código Eléctrico Nacional”. COVENIN 200: 1999, 6°Revisión. Venezuela.
- [17] IEC 60364-7-710: Electrical installations of buildings. Part 7-710: Requirements for special installations or locations - Medical locations. Edition 1.0:2002.