

REFLEXIONES ACERCA DE LA SEGURIDAD ELÉCTRICA EN LOS HOSPITALES

Mauricio Wilches Zúñiga*

RESUMEN

Se presenta a continuación un panorama general de los principales riesgos existentes en el ambiente hospitalario y de la necesidad de entenderlos, clasificarlos y prevenirlos. Además, se suministra una lista de algunas entidades comprometidas de una u otra forma con la minimización de tales riesgos. Por último, de una manera relativamente amplia, se explican los efectos fisiológicos de las corrientes eléctricas y los conceptos de corriente de fuga, macroshock y microshock y la manera de prevenirlos.

ABSTRACT

The principal idea in this paper is concerned with safety in the hospital environment, particularly with electrical safety. A brief description about safety and risk is made. Some institutions working in safety aspects are mentioned. Finally, the concepts about corporal (body) resistance, leakage current, macroshock and microshock are explained and evaluated. After that, a long list of suggestions about electrical protection are given.

* **Ingeniero Electrónico. MSc Ingeniería Biomédica. Profesor del Departamento de Ingeniería Electrónica, Área de Bioingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. e-mail mwilches@atenea.udea.edu.co**

1. RIESGOS EN EL AMBIENTE HOSPITALARIO

Según el diccionario Larouse, la palabra **seguridad** significa “confianza, tranquilidad de una persona procedente de la idea de que no hay ningún peligro que temer”. Bajo este contexto, es claro que en el ambiente hospitalario **jamás** habrá seguridad absoluta puesto que siempre existirá algún peligro proveniente de un conjunto de parámetros que, en general, denominaremos **riesgos**. En otras palabras, se puede decir que en los hospitales se realizan un sin número de actividades de las cuales la mayoría conllevan riesgos implícitos.

Queda claro, entonces, que el concepto de seguridad en el ambiente hospitalario sólo debe entenderse como una cultura, como una búsqueda permanente encaminada a minimizar los riesgos inherentes a los procedimientos que allí se imparten, puesto que eliminarlos por completo las más de las veces resulta imposible. Así las cosas, para matricularse en esa escuela o filosofía de la seguridad lo primero que se requiere es una gran convicción de que nos enfrentamos a procedimientos y ambientes potencialmente peligrosos, pero muchos de ellos necesarios, sino indispensables, cuyos riesgos concomitantes deben estar perfectamente entendidos y, ojalá, evaluados.

El problema de los riesgos en el ambiente hospitalario es un problema tan complejo, que existe un número importante de instituciones nacionales (en otros países) e internacionales dedicadas específicamente a caracterizarlos y seguir acciones para minimizar sus efectos. Algunas de ellas son:

- American National Standards Institute (ANSI). (USA)
- National Fire Protection Association (NFPA). (USA)
- National Electrical Manufacturers Association (NEMA). (USA)
- Joint Commission on Accreditation of Hospitals (JCAH). (USA)

- Underwriter’s Laboratories (UL). (USA)
- American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning (ASHRAC). (USA)
- Electronic Industries Association (EIA). (USA)
- American Society for testing and Materials (ASTM). (USA)
- Instrument Society of America (ISA). (USA)
- American Hospital Association (AHA). (USA)
- National Safety Council (NSC). (USA)
- U.S. Department of Health Education and Welfare
- Department of Health and Social Security (UK)
- Department of the Environment and Fire Office Committee (U.K)

Para enfrentar eficientemente el problema de los riesgos hospitalarios, es práctica común clasificarlos en grupos según la naturaleza, causa o agente que los produce, aunque no siempre la clasificación es expedita. Algunos de tales grupos son:

- Riesgos debidos a la planta física
- Riesgos eléctricos
- Riesgos de señalización (o ausencia de ella)
- Riesgos hidráulicos

El conjunto de estos cuatro grupos suele asociarse en una categoría denominada “factores de riesgo locativo”

- Riesgos debidos a las basuras
- Riesgos debidos al agua
- Riesgos debidos al aire
- Riesgos debidos a los alimentos
- Riesgos debidos a la manipulación de la sangre
- Riesgos debidos a la manipulación de desechos biológicos

Los anteriores seis grupos, básicamente, conforman la categoría llamada “factores de riesgo microbiológico”.

- Riesgos debidos a la deficiencia, o ausencia, de calibración y/o patronamiento

- Riesgos debidos a mediciones y puntos de ajuste inadecuados
- Electroshocks
- Quemaduras
- Riesgos económicos

Este conjunto de cinco grupos integra la categoría de los “factores de riesgo instrumentales”

- Riesgos debidos a un plan de capacitación deficiente o inexistente
- Riesgos derivados de la actividad laboral
- Riesgos de tipo psico-afectivo

El conjunto de estos tres grupos da origen a la categoría de “factores de riesgo humano”.

Además de estas cuatro categorías existen otras tres no menos importantes, a saber:

- “ Factores de riesgo ergonómico
- “ Factores de riesgo debido a las radiaciones ionizantes
- “ Factores de riesgo debido al uso, manipulación, transporte y almacenamiento de fluidos (gases y líquidos).

En síntesis, es práctica común hoy en día clasificar los riesgos en grupos; además, un conjunto de grupos afines suele reunirse en categorías, sin que ello quiera decir que no puedan existir grupos o categorías independientes.

2. SEGURIDAD EN EL AMBIENTE HOSPITALARIO

La mejor manera de enfrentar los riesgos presentes en el ambiente hospitalario es, sin lugar a dudas, estudiarlos con todo detalle, junto con sus concomitantes. Del conocimiento así adquirido surge un **conjunto planificado de acciones** para prevenir, o por lo menos minimizar, sus efectos. A esta práctica disciplinada se le conoce generalmente con el nombre de **seguridad**, la cual puede llevar tantos adjetivos como grupos o categorías existan.

Hablamos, por ejemplo, de seguridad de la planta física, seguridad eléctrica, seguridad radiológica, etc.

Como puede inferirse de su definición, la seguridad en el ambiente hospitalario no es juego de niños. Todo lo contrario, se trata de algo de la mayor envergadura que, de una u otra forma, compromete al personal del hospital (sin distinción de rango ni actividad específica), a los pacientes, a los visitantes a la comunidad toda. No obstante, para evitar acciones descoordinadas, se conforma un Comité de Seguridad, con las personas que poseen un mayor conocimiento en el tema, responsable de la planeación de las acciones que deben llevarse a cabo para que el quehacer del hospital se realice en un ambiente relativamente seguro.

3. SEGURIDAD ELÉCTRICA

Cuando hablamos de **seguridad eléctrica** nos referimos al estudio detallado del comportamiento de la subestación, transformadores, líneas de distribución, protecciones eléctricas, tomacorrientes, etc, que son necesarios para suministrarle energía eléctrica (115 o 220 V a 60 Hz) a una gran cantidad de instrumentos biomédicos, circuitos de iluminación, ascensores, elementos de apoyo, etc., y a los riesgos derivados del uso de tal energía.

3.1 Efectos fisiológicos de las corrientes eléctricas

En general, una corriente eléctrica que pasa a través del cuerpo humano puede afectar los tejidos de dos formas diferentes: (a) puede elevar la temperatura del tejido a través del cual fluye, con la consiguiente producción de calor local y/o quemaduras. (b) puede generar señales eléctricas (shocks), las cuales interfieren con la operación de los sistemas nervioso y muscular del cuerpo humano.

El aumento de la temperatura causado por el flujo de corriente eléctrica es el resultado de la resistencia que presenta el tejido en la trayectoria

de la corriente. En cuánto se incrementa la temperatura, así como la extensión y profundidad de las quemaduras resultantes, depende de la magnitud y frecuencia de la corriente eléctrica y de las áreas a través de las cuales la corriente ingresa y abandona el cuerpo. Para corrientes directa y alterna de baja frecuencia, la piel representa una porción importante de la resistencia del circuito; por consiguiente, las quemaduras superficiales resultan normalmente del aumento de la temperatura producida por tales corrientes (por supuesto, las corrientes altas producirán quemaduras superficiales más graves). Las ondas de radio de alta frecuencia pueden causar quemaduras profundas del tejido como consecuencia de la disipación de la energía transportada por el campo magnético presente, aun cuando no exista contacto directo con el cuerpo.

Pulsos de corriente de corta duración se usan con frecuencia terapéuticamente; tal es el caso de los marcapasos, los desfibriladores y los estimuladores. En estas aplicaciones los pulsos individuales evocan una respuesta como resultado de la acción normal del proceso de contracción muscular. El carácter de la respuesta en estos casos es una función del flujo de corriente y el efecto de la respuesta lo es de la trayectoria seguida por la corriente a través del cuerpo.

3.2 Resistencia del cuerpo humano a las corrientes eléctricas

Resulta difícil especificar un valor exacto para la resistencia del cuerpo humano, puesto que ésta depende de varios parámetros, incluyendo la distancia entre los electrodos que se utilicen para medirla. Con el empleo de bajos voltajes DC y electrodos superficiales, se han medido valores entre 100 y 1000 Ω . La resistencia de la piel es una función del espesor y callosidad de la superficie, la cantidad de tejido muerto, el volumen de grasa y la humedad sobre la piel. Para manos secas y callosas la resistencia de la piel puede ser tan alta como 500.000 Ω . Después de cepillarse con jabón y enjuagarse vigorosamente en agua, la resistencia puede descender a 500 o 1000 Ω , o

menos. Una pérdida similar de resistencia puede ocurrir cuando la piel se limpia con alcohol y se recubre con un gel o pasta para electrodos, por ejemplo antes de aplicar un electrodo electrocardiográfico.

3.3 Efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano

En una sección anterior (3.1), se mencionó que uno de los efectos fisiológicos indeseables de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano era la producción de shocks eléctricos. Estos se encuentran divididos en dos categorías: macroshocks y microshocks.

Un **macroshock**, o shock de macrocorriente, es aquel en el cual la corriente fluye superficialmente a través del cuerpo y la intensidad de ésta para causar un efecto fisiológico se encuentra, usualmente, en el rango de los miliamperios.

Una corriente superficial en el rango de 1 a 10 mA puede ser suficiente para ocasionar caídas (y golpes como consecuencia de ésta). Un macroshock debido a una corriente comprendida en el rango de 10 a 20 mA puede producir un paro respiratorio directo, mientras que otra en el rango de 20 a 40 mA puede producir, además de paro respiratorio, parálisis. Corrientes del orden de 40 a 100 mA que atraviesen el tórax pueden producir fibrilación ventricular. Finalmente, corrientes en el orden de amperios producen quemaduras.

Un **microshock**, o shock de microcorriente, es aquel en el cual la corriente viaja a través del músculo cardíaco desde un conductor en el corazón hasta algún punto en la superficie del cuerpo; la intensidad de la corriente requerida para causar algún efecto fisiológico se encuentra en el rango de los microamperios.

3.4 Corriente de fuga

Cada vez que los conductores eléctricos estén en estrecha proximidad existe entre ellos una condición “capacitiva”, lo cual significa,

simplemente, que para una pequeña cantidad de carga eléctrica es posible pasar a través del aislamiento de un conductor a otro. Si el voltaje entre los conductores es alterno fluiría una corriente alterna. Por tanto, si uno de los conductores es la línea “viva” del suministro eléctrico al equipo y se encuentra en la proximidad del “chasis” del aparato, fluiría una corriente a través del acople capacitivo y haría tierra a través de cualquier medio disponible (incluyendo el cuerpo humano). Esta corriente se llama **corriente de fuga**. Por seguridad, las corrientes de fuga se deben conducir a tierra a través de un “conductor a tierra”. Los acoples resistivos o inductivos también pueden contribuir a la creación de corrientes de fuga.

3.5 Prevención y/o minimización de los riesgos

El sistema de instrumentación electromédica en el hospital es muy complejo. Involucra tanto el sistema de redes para distribución eléctrica, telefónica, de computadores y de televisión como cientos de diferentes instrumentos, al igual que la interacción de éstos con médicos, enfermeras, pacientes y otras muchas personas. No obstante, debe funcionar de tal manera que proporcione la mayor seguridad para todos.

El mejor mecanismo para prevenir desastres en el ambiente hospitalario es, sin lugar a dudas, una buena campaña educativa. Si cada una de las actividades que se realizan en el hospital (y su periferia) es supervisada juiciosamente por el Comité de Riesgo al cual esté adscrita, la primera fase de todo proceso sería advertir al personal involucrado en el mismo acerca de los riesgos inherentes a dicho proceso, la legislación existente y las conductas a seguir para minimizarlos; idealmente, ello incluye también a los pacientes.

Para el caso que nos ocupa (la seguridad eléctrica), una preparación adecuada del personal minimiza los siguientes riesgos:

- Conectar un equipo de un voltaje y frecuencia equivocados

- Utilizar un equipo descalibrado
- Suministrar al paciente una energía superior a la necesaria
- Operar instrumentos eléctricos en ambientes húmedos
- Utilizar tomacorrientes defectuosos
- Colocar inadecuadamente los electrodos (cuando los equipos hagan uso de ellos)
- Colocar inadecuadamente al paciente
- Sobreutilizar los instrumentos
- Desatender las rutinas de mantenimiento y calibración
- Utilizar equipos sin el adecuado aislamiento eléctrico
- Etc.

Infortunadamente, aún el programa de capacitación más riguroso no puede, por sí mismo, minimizar todos los riesgos, aunque sí los reduce enormemente. Por ello, es necesario tomar otra serie de medidas que complementen el efecto de la capacitación; algunas de ellas son:

- Instalar una malla central de tierra y mantenerla adecuadamente, de tal manera que su impedancia nunca supere 1 W.
- Tener subestación propia
- Siempre tener redes eléctricas con polo a tierra
- Instalar el número de pararrayos que se requieran según el tamaño del hospital
- Caracterizar todos y cada uno de los circuitos de alimentación
- Conectar transformadores de aislamiento en ciertas áreas críticas (quirófanos, UCIs, salas de neonatos, etc.)
- Conectar LIMs (Line Insulation Monitor) en ciertas áreas críticas
- Instalar una planta de emergencia con la capacidad adecuada
- Impedir la instalación de redes de fluidos por las paredes en donde existen instalaciones eléctricas
- Establecer un taller eléctrico con capacidad de medirle a cada bioinstrumento su impedancia de aislamiento y la corriente de fuga, entre otros **parámetros**
- Establecer un riguroso programa de

calibración y mantenimiento, tanto correctivo como preventivo y predictivo

Suponiendo que las dos fases anteriores fueron llevadas a cabo exitosamente, el riesgo más grande aún latente lo constituyen las corrientes de fuga de los bioinstrumentos, que deben mantenerse muy por debajo de los umbrales del macroshock o el microshock, según la utilización del instrumento. Para lograr esto con dispositivos invasivos (es decir los que tienen sondas, electrodos, catéteres, agujas hipodérmicas, etc. que entran en contacto directo con el paciente) se recomienda que cumplan los siguientes requisitos:

- Presenten una impedancia de aislamiento mayor que 10^{14} W
- Posean tierra flotante para conectar al paciente (se puede lograr con un amplificador optoacoplado o con un conversor DC-DC)
- Hagan uso de LIM en equipos de cateterismo, urodialisis, máquinas corazón pulmón, etc.

BIBLIOGRAFÍA

GARLAND, J.D. National Electrical Code Reference Book. Prentice Hall, Inc. 1981.

GONZÁLEZ, Carlos. Manual de Organización, Normas y Procedimientos de Seguridad en Hospitales. Consultor OPS/OMS. 1994.

OLSON, Walter H. Electrical Safety in Medical Instrumentation Application and Design. John G. Webster (Ed). Houghton Mifflin Company. 1984.

SQUARE D Company. Isogard Line Insulation Monitor, OPERATING MANUAL. 1981.

WILCHES, Mauricio (Ed). Bioingeniería Tomo IV. Editorial Universidad de Antioquia. 1991.

4. CONCLUSIONES

Como una gran síntesis de las ideas aquí expuestas, puede decirse que las recomendaciones que se le hacen al sector hospitalario se resumen así:

- Establecer un programa de capacitación masivo y continuo sobre los riesgos hospitalarios y su prevención
- Establecer los diferentes Comités de Seguridad
- Elaborar su propio Manual de Organización, Normas y Procedimientos de Seguridad Hospitalaria
- Instalar una malla de tierra
- Caracterizar los circuitos y redes eléctricas
- Incorporar las protecciones eléctricas que se exigen en el ambiente hospitalario (polo a tierra, transformadores de aislamiento, LIMs, etc)
- Adquirir únicamente instrumentación biomédica (y de soporte) homologada y acreditada, es decir, que cumpla los estándares internacionales