

CAPÍTULO I

SEGURIDAD ELÉCTRICA

1.1 SEGURIDAD ELÉCTRICA

Para ubicar en una perspectiva adecuada la seguridad en sistemas eléctricos de un hospital, es importante comprender que las técnicas de cuidados de la salud han sufrido cambios radicales en la última década. El diagnóstico de caterización cardiaca y marcapasos trasvenos es en la actualidad muy común; no es raro que los pacientes en las salas de operación y unidades de cuidados intensivos se vean rodeados de 10 o más aparatos electrónicos.

Debido a que la mayoría de la gente también se ve rodeada de múltiples aparatos electrónicos en el hogar y en el trabajo, el hospital puede parecer no presentar más peligros eléctricos que los hogares o los lugares de trabajo industriales. Sin embargo, por razones que se verán posteriormente ciertos pacientes internos están expuestos a un peligro eléctrico, único para el ambiente del hospital. Además, la mayoría de los pacientes internos son más susceptibles a los efectos de todo tipo de peligros eléctricos.

Las condiciones en las que los peligros eléctricos de un hospital pueden ocurrir son a veces difíciles de prevenir, han surgido muchas controversias con respecto tanto a la importancia del problema de la seguridad en sistemas eléctricos, como a las medidas de seguridad propuestas.

1.2 SEGURIDAD ELÉCTRICA HOSPITALARIA

La seguridad eléctrica hospitalaria es el conjunto de actividades de prevención orientadas a reducir el riesgo para el paciente, el operador, el entorno, el equipo y las instalaciones eléctricas. Los riesgos pueden ser debido a las energías puestas en juego durante el funcionamiento normal, cuando el equipo presenta una falla o bien por la interrupción del funcionamiento del equipo. Es posible reducir estos

riesgos a niveles razonables de acuerdo con los beneficios esperados por el empleo de la tecnología que los origina.

El origen del riesgo eléctrico puede ser por la interacción directa de las corrientes eléctricas con el cuerpo humano o a través de otras radiaciones generadas a partir de la energía eléctrica.

En los equipos que son para uso médico la situación puede agravarse por diversas circunstancias. En primer lugar el paciente suele ser muy sensible a determinadas formas de energía, la realización de una medición de diagnóstico o un tratamiento invasivo pueden privarle de sus defensas naturales, como es el caso de un contacto eléctrico por debajo de la piel como lo hacen las unidades electroquirúrgicas o electrobisturis los cuales su funcionamiento consiste en ir abriendo el tejido por medio de altas frecuencias. En segundo lugar, dado que el cuerpo humano presenta una capacidad limitada de absorción de energía en todas sus formas, para cada acción no debe usarse más energía de la necesaria.

Para alcanzar la seguridad deseada es necesario implementar las siguientes acciones:

- a) proporcionar el uso correcto del equipo médico con personal capacitado
- b) Incorporar protecciones en el equipo, emplear medidas suplementarias de protección externas.
- c) Diseñar y llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo a los equipos médicos
- d) Adoptar precauciones en la instalación o utilización.

1.3 EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

Para que la electricidad produzca efectos sobre el organismo, el cuerpo se debe convertir en parte del circuito eléctrico. Para que circule corriente a través del

cuerpo humano deben existir al menos dos conexiones entre el cuerpo y una fuente de alimentación externa. La magnitud de la corriente dependerá de la diferencia de potencial entre las conexiones y la resistencia eléctrica del cuerpo. La mayor parte de los tejidos del cuerpo humano poseen un elevado porcentaje de agua, por lo cual la resistencia eléctrica que presentan es baja y se puede considerar como buenos conductores. Por otra parte, la impedancia de la piel (epidermis) es bastante elevada, del orden de los 200 a 500 K Ω , por lo que el cuerpo humano puede considerarse como un conductor volumétrico no homogéneo en la que la distribución del flujo de la corriente eléctrica viene determinada por la conductividad local del tejido.

El efecto que la corriente eléctrica producida sobre un individuo depende de diversos parámetros: la magnitud de la corriente que circula por el tejido, el tiempo de exposición, la zona por la cual circula (superficie o tejido interno) y la frecuencia que posee.

Las consecuencias del recorrido de la corriente eléctrica por el cuerpo humano dependen de los órganos que atraviesen los cuales pueden ser por el cerebro, corazón y pulmones. Las mayores lesiones se producen cuando la corriente eléctrica circula en las siguientes direcciones.

Mano derecha – Pie izquierdo

Mano izquierda – Pie derecho

Manos – Cabeza

Mano derecha – tórax – mano izquierda

Mano – Brazo – Codo

Pie derecho – Pie izquierdo

La figura 1 muestra las diferentes trayectorias de la corriente eléctrica

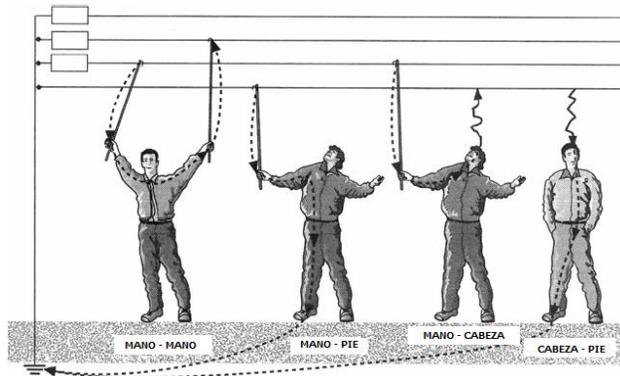


FIG 1.1 TRAYECTORIA DE LA CORRIENTE ELECTRICA

La gravedad del daño dependerá a su vez del órgano afectado, en la tabla No. 1 se muestran los efectos fisiológicos producidos por el paso de corriente eléctrica de 50/60 Hz.

INTENSIDAD	EFFECTOS FISIOLÓGICOS QUE SE PRESENTAN EN CONDICIONES NORMALES
0 – 0.5 ma	No se Observan sensaciones ni efectos. El umbral de percepción se sitúa en 0.5 Ma
0.5 – 10 mA	Calambres y movimientos reflejos musculares. El umbral de no soltar se sitúa en 10 Ma
10 – 25 mA	Contracciones musculares. Agarrotamiento de piernas y brazos con dificultad de soltar objetos. Aumento de la presión arterial y dificultades respiratorias.
25 – 40 mA	Irregularidades cardiacas. Quemaduras, asfixia a partir de 4 s
40 – 100 mA	Efectos anteriores con mayor intensidad y gravedad. Fibrilación y arritmias cardiacas.
~1 A	Fibrilación y paro cardiaco. Quemaduras muy graves. Alto riesgo de muerte
1 – 5 A	Quemaduras muy graves. Paro cardiaco con elevada probabilidad de muerte.

TABLA No. 1 EFECTOS FISIOLÓGICOS PRODUCIDOS POR EL PASO DE UNA CORRIENTE ELÉCTRICA 50/60 Hz

El órgano más susceptible a la corriente eléctrica es el corazón. Un estímulo eléctrico elevado con una frecuencia de 60 Hz que vaya directamente al corazón provoca la contracción completa del miocardio que detiene la acción de bombeo del corazón e interrumpe la circulación sanguínea. Si la circulación no se restablece en pocos minutos, en primer lugar se lesiona el cerebro y luego se produce la muerte debido a la falta de aportación de oxígeno a los tejidos cerebrales. No

obstante, si la corriente eléctrica se elimina al cabo de poco tiempo y las lesiones producidas son reversibles, el latido del corazón se reanuda de forma espontánea. Una corriente de intensidad más baja que excite sólo parte de las fibras musculares del corazón puede ser más peligrosa que una corriente suficiente para dañar el corazón entero. Esta excitación parcial puede cambiar las vías eléctricas de propagación en el miocardio desincronizando la actividad del corazón. Este fenómeno en el que el corazón pierde su sincronismo se denomina "fibrilación". La fibrilación ventricular es la causa que produce la mayoría de las muertes en los accidentes eléctricos.

Para valores más elevados de corriente, entre 18 y 22 mA, aparecen contracciones involuntarias de los músculos respiratorios, produciendo situaciones de asfixia si la corriente no se interrumpe. Contracciones fuertes involuntarias de los músculos y estimulación de los nervios pueden provocar dolores y causar fatiga si permanecen expuestos a la corriente eléctrica durante largo tiempo.

1.4 EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA CORRIENTE CONTINUA

En general no es tan peligrosa como la alterna aunque puede llegar a producir los mismos efectos con mayor intensidad de paso y mayor tiempo de exposición. Su actuación es por calentamiento aunque puede llegar a producir un efecto electrolítico en el organismo que puede generar riesgo de embolia o muerte por electrolisis de la sangre. Los efectos más graves son los producidos por la corriente continua rectificadas.

1.5 PARÁMETROS QUE MODIFICAN LOS EFECTOS FISIOLÓGICOS

Los efectos fisiológicos debido a la electrocución, como se dijo anteriormente, dependen del valor absoluto de la intensidad, duración, trayectoria de la corriente a través del cuerpo y frecuencia

Una corriente que apenas haga cosquillas en las manos de un individuo en condiciones normales, puede ser suficiente para provocar quemaduras serias a un paciente debilitado incluso la muerte por lo que se debe tener cuidado con las corrientes de fuga estas deben ser mínimas para que no se dañe al paciente.

La frecuencia de las señales bioeléctricas del organismo son del orden de la frecuencia de la red eléctrica. Debido a esto, los niveles de corriente que puede producir la fibrilación son bajos. Si la frecuencia de la corriente aplicada es mayor por lo general el riesgo eléctrico disminuye. Una corriente eléctrica de 200 mA a 50 Hz produce un efecto fisiológico mayor que una de 200 mA a 2 KHz.

Mediante estudios estadísticos, el umbral de percepción de la corriente eléctrica para los hombres es de 1.1 mA mientras que para las mujeres es de 0.7 mA utilizando electrodos, pero si se utiliza el gel conductor se disminuye la impedancia de contacto, el umbral de percepción se reduce a sólo 83 μ A para hombres y mujeres.

Si el tiempo de exposición a la corriente eléctrica es mayor, los efectos fisiológicos producidos también serán mayores.

Diversos estudios empleando animales de diferentes tamaños, denotan que el umbral de fibrilación (nivel de corriente a partir del cual se activa dicho estado) aumenta conforme al peso del cuerpo esto se debe a la cantidad de agua, grasa proteínas y otras sustancias que tiene nuestro organismo hagan menos resistente al paso de la corriente.

1.6 **DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA**

La energía eléctrica es necesaria en las instalaciones de hospitales o servicios de cuidados o asistencia no sólo para el funcionamiento de los instrumentos médicos, sino también para uso de iluminación, aplicaciones de mantenimiento, confortabilidad de los pacientes (televisión, radio, teléfono celular, etc.), siempre y cuando no se encuentren cerca de equipo electromédico.

La energía se distribuye desde una subestación principal al hospital normalmente mediante cables subterráneos o aéreos que transportan alta tensión. Por medio de un transformador reductor con toma central se obtiene una alimentación de 230-240 V el secundario del transformador generalmente tiene una toma intermedia o toma central y se conecta a un sistema de puesta a tierra. A partir de aquí se desarrolla la instalación eléctrica del edificio. Conviene resaltar que es interesante que los equipos tengan toma de tierra para derivar posibles derivaciones a éstos por parte de la red eléctrica. En las instalaciones modernas, todos los receptáculos disponen de un tercer contacto denominado "toma de tierra del equipo" y que está unida a tierra en la subestación del edificio bien mediante el conductor de acero galvanizado que protege a los otros conductores o bien mediante un conductor de masa distinto. El uso del conductor como conector a tierra puede presentar ciertos peligros debido a la corrosión o un aumento de la resistencia del conductor hasta un nivel peligroso. Por este motivo se exige un sistema de tierras equipotenciales en los lugares donde haya pacientes susceptibles a la electricidad.

1.7 ENTORNO ELÉCTRICO DE LOS PACIENTES

El peligro de shock o descarga eléctrica existe entre dos conductores entre los que exista una diferencia de potencial (230-240 ó 115-120 V). En las áreas generales de los hospitales (pasillos, zona de recepción, etc.) los pacientes rara vez entran en contacto con equipos eléctricos sin embargo en las áreas destinadas a cuidados intensivos como quirófanos, terapia intensiva, los pacientes entran en contacto con los equipos eléctricos por lo que el riesgo de descarga eléctrica aumenta. Por este motivo, es necesario que estos equipos tengan toma de tierra para minimizar estos riesgos y de esta forma conectar los equipos a tierra.

1.8 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN AISLADOS

Aunque los equipos estén bien conectados a toma de tierra, pueden existir otras descargas debido al contacto accidental de algún cable eléctrico o falla de la conexión a tierra. Por ello, se requieren sistemas que aislen eléctricamente la red eléctrica del paciente y de esta forma se rompa el bucle de corriente y se minimicen los peligros de descarga. Este aislamiento eléctrico se realiza principalmente por medio de un transformador de aislamiento.

Los transformadores de aislamiento, están diseñados para alimentar aquellos equipos sensibles a las perturbaciones presentes en las redes eléctricas. Además de aislar galvánicamente la fuente de alimentación y la carga, llevan incorporada una pantalla electrostática que filtra y conduce a tierra las señales de alta frecuencia indeseadas.

1.9 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE EMERGENCIA

En la unidad de cuidados intensivos se requiere de sistemas de alimentación de emergencia. Estos sistemas suelen entrar en funcionamiento un cierto tiempo después de que se produzca una falla en el sistema normal de abastecimiento de corriente eléctrica. Están constituidos por sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) en inglés Uninterruptible Power Supply UPS y pueden existir diversos tipos de sistemas de seguridad estándar (iluminación, servicios de alarma, etc.) y sistemas de seguridad críticos (alimentaciones de las áreas de cuidados intensivos o quirófanos). Las plantas de emergencia es algo muy importante dentro de un hospital para que la energía eléctrica sea continua.

1.10 PUNTOS DE ENTRADA DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

Cuando la corriente que se aplica entre dos puntos cualesquiera al cuerpo humano, y sólo un pequeño porcentaje de esta energía o corriente durante la trayectoria que lleva atraviesa el corazón (figura 1.2A y 1.2B), pueden darse básicamente dos situaciones: El Macroshock y el Microshock.

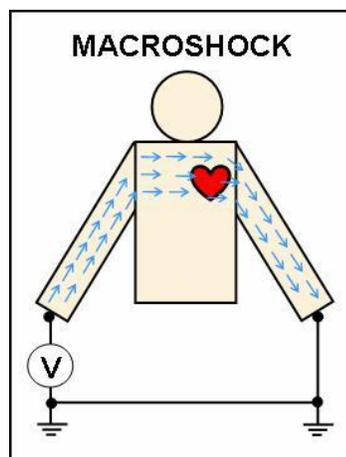


Fig 1.2A Macroshock

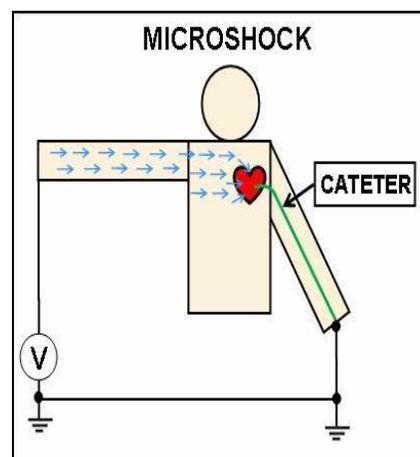


Fig 1.2 B Microshock

1.10 a **MACROSHOCK**

Para exponerse al peligro de un Macroshock eléctrico, una persona debe entrar en contacto simultáneamente con ambos conductores eléctricos, el vivo y el neutro o dos vivos a diferentes potenciales. No obstante, como el conductor neutro está conectado a tierra, existe el mismo peligro entre el conductor vivo y cualquier objeto conductor que de alguna manera esté conectado a tierra. Dentro estos objetos pueden citarse radiadores, cañerías de agua estructuras metálicas del edificio... etc. En el diseño del equipo eléctrico, debe prestarse especial atención en impedir que el personal pueda hacer contacto accidental con el cable del vivo utilizando para ello materiales aislantes adecuados y conservando las distancias de seguridad entre los conductores y chasis del equipo para minimizar posibles acoples capacitivos. Con todo esto, puede producirse un contacto accidental entre el cable del vivo y el chasis de un equipo debido a una pérdida de aislamiento, al deterioro y a averías mecánicas. Si el chasis no está conectado a tierra, cualquier persona que lo toque y esté conectado a tierra a través de otro conductor estará expuesta a un grave peligro de Macroshock como se muestra en la figura 1.3.

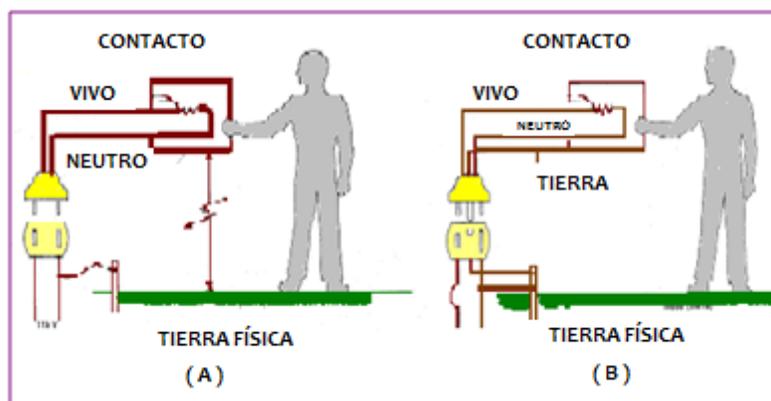


FIGURA 1.3 MACROSHOCK

La finalidad del contacto de toma de tierra del equipo en el receptáculo que se encuentra colocado en la pared es reducir el peligro de Macroshock. De esta forma

se dispone de una conexión a tierra para el chasis del equipo (figura 4b). Cuando se produce un contacto accidental entre el conductor vivo y el chasis, la corriente puede retornar a tierra a través de esta conexión equipo-tierra sin crear un peligro eléctrico. Así pues, la integridad de la conexión equipo-tierra es de gran importancia. Una interrupción de esta continuidad debido a un cable o una clavija de tierra rotos o al empleo de un adaptador de tres patas de contacto a dos (quedando la pata de tierra al aire) destruyen por completo la protección del equipo y puede provocar accidentes. Aunque la conexión a tierra no se interrumpa por completo, sólo con que presente una resistencia mayor alrededor de 1Ω , puede elevar el potencial de la carga hasta un valor tal que se cree un peligro de Macroshock.

1.10 b **MICROSHOCK**

El Microshock se refiere aquellos casos en los cuales el paciente tiene un catéter conectado al corazón, donde una pequeña corriente que allí se genere puede ocasionar grandes daños e incluso la muerte. Figura 1.4.

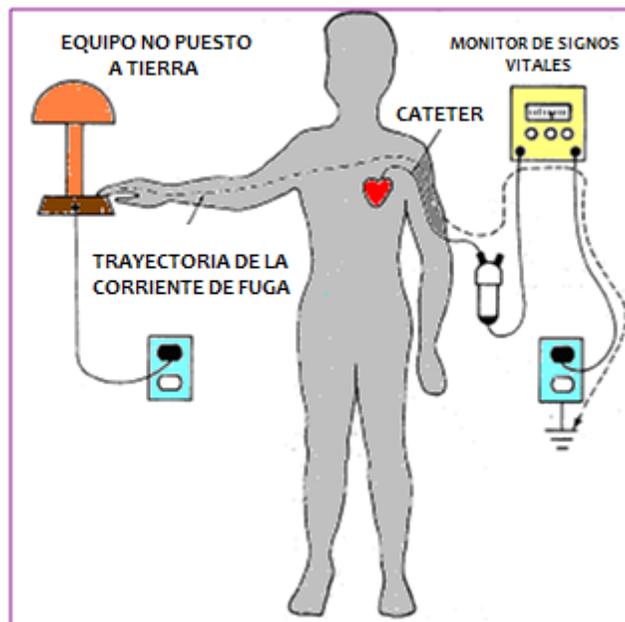


FIGURA 1.4 MICROSHOCK

El rango de corrientes que producen fibrilación en casos de Microshock es de 80 a 600 μA . el límite de seguridad aceptado para prevenir Microshock es de 10 μA . por lo tanto, no se puede proteger un Microshock a un paciente mediante el uso de interruptores diferenciales, con umbrales de sensibilidad de 10 ó 30 mA la única forma de hacerlo es conectando directamente el equipo a tierra, utilizando transformadores de aislamiento.

La protección contra el shock eléctrico que brindan los equipos alimentados externamente (desde la red eléctrica y no por baterías) se puede clasificar en Clase I, II y III. Existen varios organismos e instituciones que se dedican a establecer los niveles de seguridad y comprobar que estos se cumplan antes de homologarlos, entre ellos se encuentran:

AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación)

IEC (International Electrotechnical Commission)

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)