

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA USO HOSPITALARIO

El objeto es describir cómo debe realizarse una instalación eléctrica hospitalaria a los efectos de minimizar los riesgos de electrocución, asegurando simultáneamente la continuidad del servicio en los distintos locales, de acuerdo a su uso y requerimiento específico. Para esto se observan las normas, reglamentaciones y bibliografía preexistente y su aplicación práctica.

Se analizan los efectos que la corriente eléctrica produce sobre el cuerpo humano, su protección y las corrientes peligrosas; macroshock y microshock.

Se hace énfasis en la protección necesaria para evitar microshock.

Se consideran los siguientes elementos: puesta a tierra y equipotencialidad, sistemas aislados de tierra (IT), transformadores de aislación y monitores de aislación (de resistencia y de impedancia).

Para garantizar la continuidad del servicio ante fallas del suministro se requieren, además, alimentaciones auxiliares, transferencia de alimentaciones y consideraciones sobre vulnerabilidad del sistema.

Adicionalmente, se tienen en cuenta las perturbaciones producidas por campos eléctricos y magnéticos a frecuencia de red y por los impulsos electromagnéticos.

PALABRAS CLAVES

Seguridad eléctrica – instalaciones eléctricas hospitalarias – macroshock – microshock – equipotencialidad – sistemas aislados de tierra – sistemas IT – monitores de aislación - vulnerabilidad.

INTRODUCCION

Si bien a esta altura de los tiempos ya estamos muy familiarizados con el uso de la energía eléctrica y tenemos conciencia (aunque sea mínimamente) de los peligros que implica el uso de aparatos eléctricos, todavía es muy frecuente observar instalaciones eléctricas defectuosas, mal diseñadas, mal ejecutadas, sin puesta a tierra ni equipotencialización y con protecciones inadecuadas o vetustas.

El usuario en general desconoce esta realidad o bien piensa que como hasta la fecha no tuvo problemas, esta situación se mantendrá en el tiempo. Es menester puntualizar que, estadísticamente, más de un 40 % de los incendios se producen por fallas en las instalaciones y equipos eléctricos, con las consiguientes secuelas para las personas y los bienes.

Si bien lo expresado es común en instalaciones eléctricas de viviendas, locales comerciales, fábricas, hoteles, supermercados, cines, restaurantes, oficinas, colegios, etc., es particularmente peligroso en hospitales, clínicas, policlínicas, centros de diálisis y de diagnósticos y otros lugares de este tipo.

El presente trabajo surge de la necesidad de tratar de concientizar a las personas con responsabilidad y competencia sobre el sistema eléctrico en ambientes hospitalarios. Debe haber una linealidad entre el diseño, materiales a emplear, ejecución, uso y mantenimiento de las instalaciones eléctricas especiales, en

nuestro caso las hospitalarias, dado que la falta de linealidad debilita la cadena y aumenta la vulnerabilidad, perjudicando de esta manera la continuidad del servicio.

Existen normas y reglamentaciones (ver bibliografía) que indican la forma en que deben ser realizadas las instalaciones según su destino y uso, las cuales, independientemente de su origen y de su aplicabilidad legal deben cumplirse.

En la actualidad, en nuestro país, no existe ninguna institución u organismo con poder de policía que verifique el cumplimiento de estas normas y/o reglamentaciones. Sólo surge la problemática en caso de accidentes, mala praxis, incendio u otro motivo donde intervenga la justicia.

Al ordenarse los peritajes correspondientes suele aparecer, entre otras anomalías, el incumplimiento de las normas y reglamentaciones que deben ser observadas en las instalaciones, como por ejemplo, la instalación eléctrica.

En cumplimiento de la ley Nacional de Seguridad y Sanidad del Trabajo N° 19.587 y Decreto 357/74, se deben realizar las instalaciones eléctricas hospitalarias según la Reglamentación de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) N° 90364 parte 7 sección 710. AEA dicta reglamentaciones en concordancia con IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), sin perder de vista la legislación argentina de aplicación y otras normas y/o Instituciones.

DESARROLLO

El objetivo principal del trabajo es tratar de concientizar y consensuar, en un tema donde las distintas informaciones están en conflicto debido a los dispares puntos de vista sobre la misma problemática. Tal es así que existen divergencias muy apreciables entre distintos grupos de normas, lo que genera conflictos indeseados.

La AEA dicta reglamentaciones en concordancia con IEC. Hay que respetar esta línea sin perder de vista otras normas y/o Instituciones (IRAM, UL, IEEE, NFPA, VDE, UNE, NEC, ANSI, REBT, NFC) y distintos catálogos y libros técnicos. (Ver bibliografía y anexo A).

Si bien existe gran cantidad de documentación y normas hay que tener especial cuidado en su interpretación, dado que sucesivas actualizaciones de conceptos divergen significativamente y convierten en obsoleta e incorrecta la versión original.

Es por esto que todos los sectores involucrados deben asegurarse de tener la última versión vigente, cosa que no siempre sucede.

Es menester comprender los efectos que produce la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano, cuando los valores se tornan peligrosos y cuáles circunstancias deben tenerse en cuenta en el ámbito hospitalario.

Para que la corriente eléctrica produzca efectos en el cuerpo humano es requerimiento que la persona forme parte del circuito eléctrico por medio de dos o más puntos de contacto y que exista una diferencia de potencial entre por lo menos dos de dichos puntos (**figura N° 1a**).

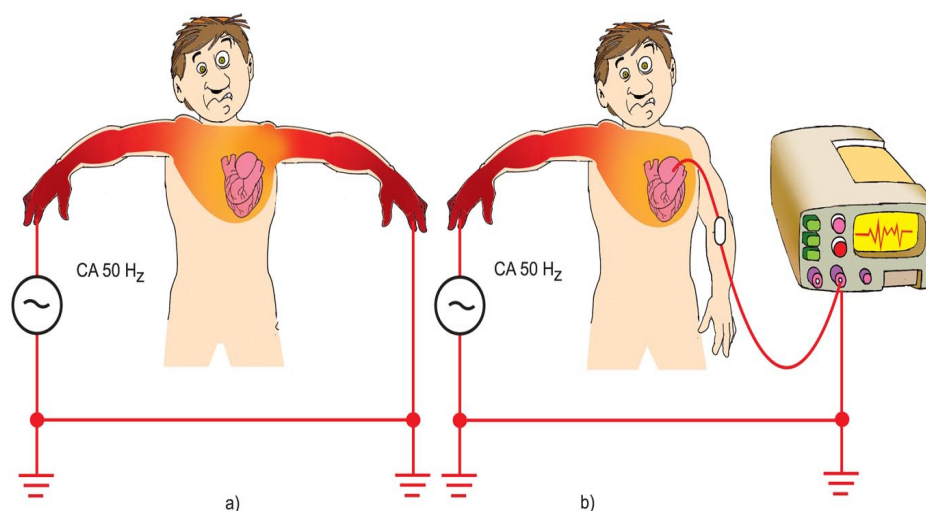


Figura Nº1 -Distribución de la densidad de corriente según los puntos de contacto en el cuerpo humano.

El presente trabajo surge de la necesidad de tratar de concientizar a las personas con responsabilidad y competencia sobre el sistema eléctrico en ambientes hospitalarios.

Debe haber una linealidad entre el diseño, materiales a emplear, ejecución, uso y mantenimiento de las instalaciones eléctricas especiales, en nuestro caso las hospitalarias, dado que la falta de linealidad debilita la cadena y aumenta la vulnerabilidad, perjudicando de esta manera la continuidad del servicio.

Existen normas y reglamentaciones (ver bibliografía) que indican la forma en que deben ser realizadas las instalaciones según su destino y uso, las cuales, independientemente de su origen y de su aplicabilidad legal deben cumplirse.

En la actualidad, en nuestro país, no existe ninguna institución u organismo con poder de policía que verifique el cumplimiento de estas normas y/o reglamentaciones. Sólo surge la problemática en caso de accidentes, mala praxis, incendio u otro motivo donde intervenga la justicia.

Al ordenarse los peritajes correspondientes suele aparecer, entre otras anomalías, el incumplimiento de las normas y reglamentaciones que deben ser observadas en las instalaciones, como por ejemplo, la instalación eléctrica.

En cumplimiento de la ley Nacional de Seguridad y Sanidad del Trabajo Nº 19.587 y Decreto 357/74, se deben realizar las instalaciones eléctricas hospitalarias según la Reglamentación de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) Nº 90364 parte 7 sección 710. AEA dicta reglamentaciones en concordancia con IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), sin perder de vista la legislación argentina de aplicación y otras normas y/o Instituciones.

En general el macroshock ocurre cuando los puntos mencionados pertenecen a la superficie corporal, donde sólo una fracción de la corriente pasa por el corazón.

Una situación completamente distinta se verifica cuando el individuo tiene un catéter, electrodo u otro elemento metálico conectado al corazón o al torrente sanguíneo, donde una corriente de pocos micro amperes puede ocasionar graves daños para el paciente (**figura Nº 1b**).

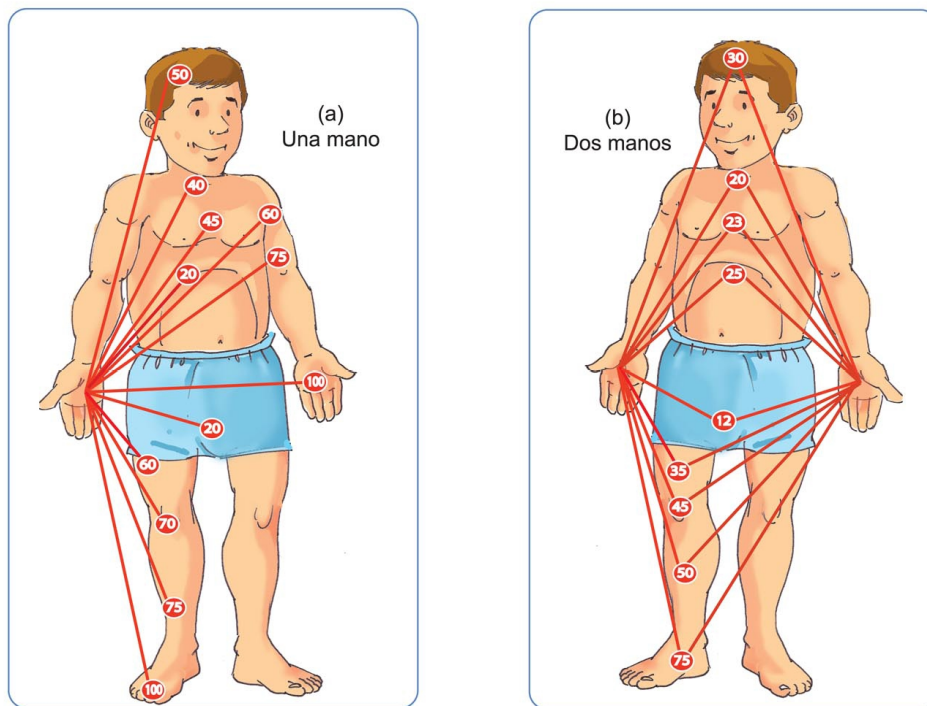


Figura 2- Valores porcentuales relativos de la impedancia del cuerpo humano para diferentes trayectorias. La trayectoria de referencia corresponde al recorrido mano-mano y se le asigna el valor 100.

La impedancia total del cuerpo está formada por la del medio interno más la de la piel. La del medio interno, es del orden de los 500 Ohms, mientras que la de la piel (epidermis) es variable debido a diferentes circunstancias como humedad, transpiración, callosidades, etc.

Los efectos también varían por otros factores, como la magnitud de la densidad de corriente en juego, el tiempo de contacto y la frecuencia de la corriente. En este caso se considerará solamente la frecuencia de red, es decir 50 hertzios, mencionando solamente que a frecuencias superiores la impedancia del cuerpo es menor.

Tampoco es pareja la impedancia en todos los individuos. Tomando una muestra de individuos de entre 70 y 80 kilogramos de peso, sin diferenciación de sexo, se encontró que para corriente alterna de 50 Hz y 220 voltios, el 45% de los evaluados presentó una impedancia de 1.000 ohm; el 50% tuvo una impedancia de 1.350 ohm y el 5%, de 2.125 ohm.

Debe tenerse en cuenta también que hay alguna diferencia entre hombres y mujeres, presentando éstas valores más bajos de impedancia.

La medición se efectuó considerando contactos *mano ↔ mano* o *pie ↔ mano*, con piel seca y tiempos de medida de 0,1 segundos para 25 VCA, 0,03 segundos para 150 VCA y 0,02 segundos para 1000 VCA, para una superficie de contacto de 50/100 cm².

Observando la **figura N° 2** vemos que los valores correspondientes varían si los puntos de contacto son diferentes a los especificados. Los números entre 2 puntos corresponden al porcentaje de la impedancia real con respecto a la general del individuo. Por ejemplo, para 220 VCA el 45% de la población tiene una impedancia de 1.000 ohms entre mano y mano o entre pie y mano, pero la impedancia entre la cabeza y la mano es el 30% de 1.000 ohms (está marcada con 30). O sea, es de 300 ohms.

Si la persona está siendo cateterizada y/o intervenida quirúrgicamente la impedancia

disminuye drásticamente pudiendo encontrarse, en ciertas circunstancias, valores menores a 100 ohms entre puntos determinados.

Atento que la impedancia del cuerpo humano está muy condicionada por las condiciones de humedad se han normalizado tres estados de humedad; el primero se denomina normal (BB1) donde se considera que la corriente de contacto está limitada por alguna resistencia ajena a la corporal, considerando la persona seca o húmeda con transpiración normal sin que se encuentre totalmente sudada, calzada y con una resistencia del suelo importante; el segundo se denomina reducido (BB2), considerando el individuo totalmente mojado con calzado y piso mojado, se considera una baja resistencia no limitada por el suelo o los zapatos; el tercero se denomina muy reducido (BB3). En este caso la persona se encuentra total o parcialmente sumergida en agua siendo nulas las resistencias de la piel, del suelo o de las paredes.

Dado un valor de corriente aplicada, la corriente que pasa por el corazón tiene distintos valores según cuales sean los puntos de entrada y salida. Por ejemplo, una corriente de 20 mA que recorre desde la mano izquierda hasta el pecho tiene un factor de 1,5, lo que equivale a 30 mA entre mano y mano.

En cambio, entre mano derecha y pecho el factor disminuye a 1,3. Entre una mano y un pie, o mano izquierda y dos pies, o dos manos y dos pies, el factor es igual a 1. Un factor de 0,8 se observa entre mano derecha y un pie o mano derecha y dos pies.

Entre una o ambas manos y las nalgas o mano izquierda y la espalda, el factor es de 0,7. En cambio, entre mano y mano es de 0,4 y finalmente, entre mano derecha y espalda, es de 0,3.

A medida que se incrementa la corriente eléctrica se producen en el individuo distintos efectos sobre sus nervios y músculos. Inicialmente es una sensación de hormigueo apenas perceptible. Al incrementarse se convierte en molesta y luego en dolorosa.

Si seguimos elevando la corriente eléctrica comienzan las contracciones musculares hasta llegar a la tetanización. Simultáneamente se produce una sobre-elevación de temperatura debido al efecto Joule (calor generado por un resistor al ser atravesado por una corriente). La sobre-elevación de temperatura puede provocar quemaduras en los puntos de contacto o en áreas cercanas debido a la mayor densidad de corriente en dichos puntos.

El paso de la corriente eléctrica afecta a los órganos interpuestos en la zona de circulación. El corazón, por ser un músculo, está particularmente afectado cuando se ve involucrado en el circuito eléctrico. Si la corriente eléctrica es grande provoca la fibrilación del músculo completo deteniendo la circulación de la sangre.

Si el tiempo es corto, el latido del corazón se restablece automáticamente, pero pueden quedar secuelas en los órganos que tuvieron falta de oxigenación en ese lapso, principalmente en el cerebro.

Una corriente de menor valor solamente afectará parte de las fibras del miocardio interrumpiendo la sincronización tradicional. Esa falta de sincronismo se denomina fibrilación. Si se produce fibrilación ventricular es necesario revertirla con equipamiento médico (cardioversor) en tiempo y forma. De lo contrario, el individuo muere, dado que el corazón no puede entrar en sincronismo por sí mismo.

En la **figura N° 3** se muestran los efectos fisiológicos de la electricidad en un individuo de 70 / 80 kilogramos de peso al que se le aplica una corriente alterna de

50 hertzios durante un tiempo de 1 a 3 segundos.

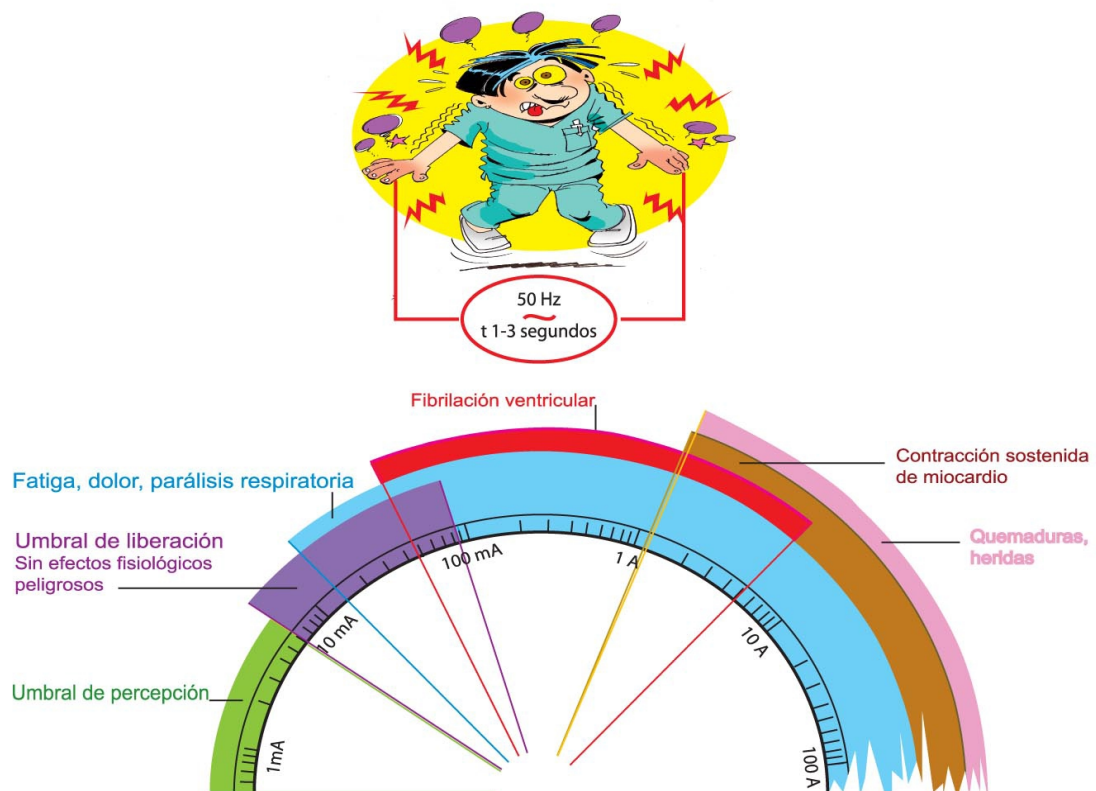


Figura N° 3 - Efectos fisiológicos de la electricidad en el cuerpo humano.

Una persona que toca una parte activa y peligrosa, (activa puede ser un conductor, un borne alimentado, una barra de fase de un tablero, etc. y peligrosa porque supera los 50 VCA) y a su vez toca tierra o una masa metálica unida a tierra, recibe una descarga eléctrica. Esta es una descarga por contacto directo (**figura N° 4 a**).

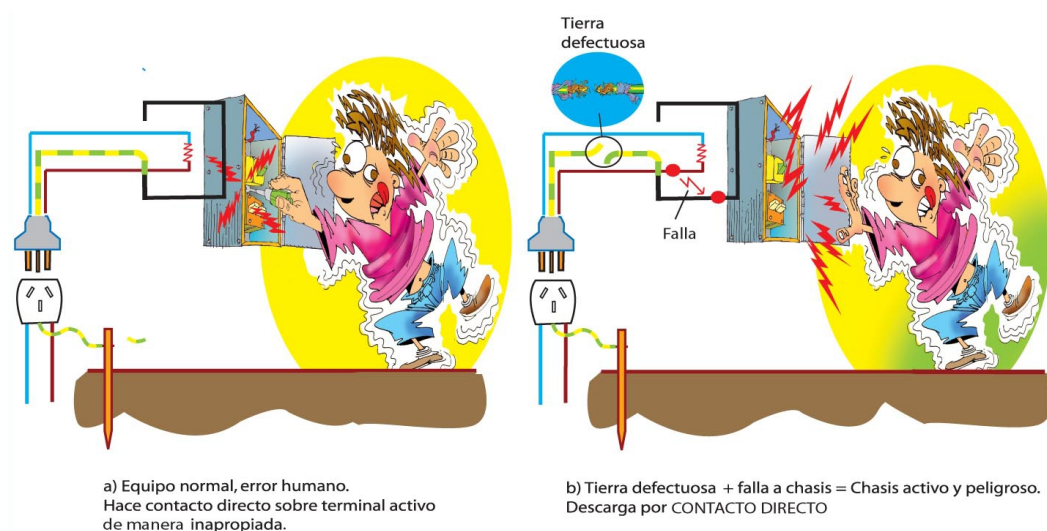


Figura N° 4 - Tierra defectuosa + una falla = chasis vivo = el chasis se vuelve activo y peligroso.

Si la persona en cambio toca una masa activa y peligrosa, la cual debería estar

equipotencializada con tierra pero por alguna circunstancia no lo está, y una masa que sí está a tierra, debido a la diferencia de potencial recibe una descarga eléctrica; esta es una descarga por contacto indirecto. **(figura N° 4 b).**

Para que se produzca un macroshock, la persona debe contactar simultáneamente dos objetos que estén a distinto potencial. En nuestro caso podría tener un valor de 220 VAC o 380 VAC y también tensiones intermedias por pérdidas en los equipos.

Se pueden puntualizar los siguientes contactos a modo de ejemplo: neutro y conductor activo, dos conductores activos a distinto potencial (fases distintas), conductor activo y partes metálicas con referencia a tierra como marcos, puertas, ventanas, canillas, piletas, radiadores de calefacción, cañerías de gas, agua, etc.

En general, pueden producirse pérdidas entre un conductor activo y chasis, en un equipo por fallas en la aislación, humedad, depósitos conductivos indeseados (en motores a carbones sin mantenimiento), etc.

Cualquier individuo que esté a tierra y toque un chasis activo, sufrirá un macroshock dado que el chasis no está conectado al conductor de protección o éste a su vez no tiene polo de tierra en la ficha o en el toma, o se ha colocado un adaptador, triple o toma múltiple (zapatilla) que no posea conexión de PE, o la tierra fuera defectuosa en alguna parte del trayecto hasta la jabalina.

El conductor de protección (PE) y la puesta a tierra están pensados para ofrecer un camino de baja impedancia entre la falla y tierra evitando que la carcasa del equipo se convierta en masa activa y peligrosa, cosa que ocurre cuando tiene un potencial mayor o igual a 50 VCA (24 VCA en Argentina).

Mientras que un macroshock se produce habitualmente por pérdida de aislación o fallas, el microshock se produce aunque las condiciones de aislación y de funcionamiento sean las correctas.

Debido a acoplamientos capacitivos entre conductores activos y un gabinete de equipo, por ejemplo a tensión de red, una capacidad de 15 nF produce una corriente superior a los 10 μ A. Dicha corriente es perfectamente segura en condiciones normales, pero crea un riesgo de microshock en pacientes canalizados, con catéteres conectados, por ejemplo, a un medidor de presión invasivo **(figura N° 14 y 15)**, el cual, a su vez, está conectado a la red de alimentación.

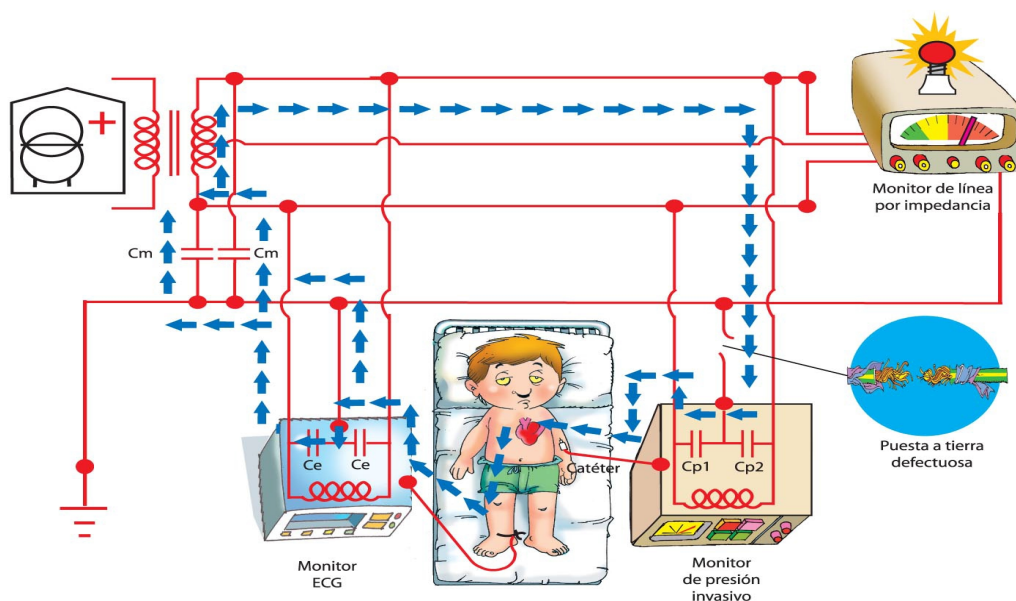


Figura N°14 -Acoples capacitivos en Sistema de Aislación IT (Aislador de Tierra en Circuito Real)

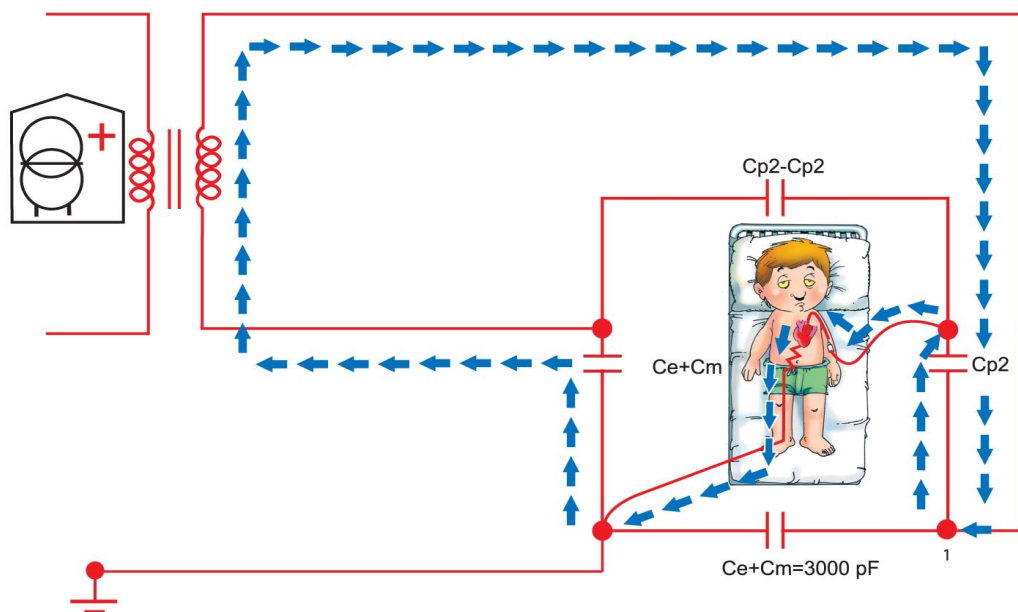


Figura N° 15 -Acoples capacitivos en sistema de Alimentación IT (Aislados de tierra - Circuito equivalente)

Otras situaciones se dan cuando el conductor de puesta a tierra se halla en buen estado (**figura N° 6**) o en mal estado (**figura N° 7**). En cambio en la **figura N° 8** el paciente tiene riesgo de microshock mediante la participación de un asistente.

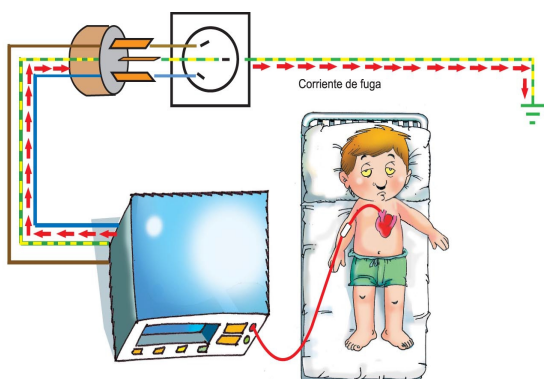


Figura N° 6 - a) Corrientes de fuga con la puesta a tierra en buen estado.

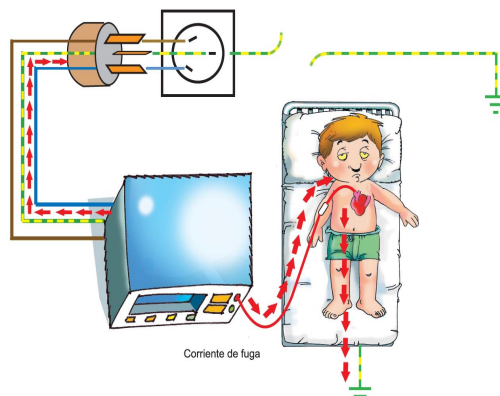


Figura N° 7 - b) Corrientes de fuga con la puesta a tierra en mal estado.

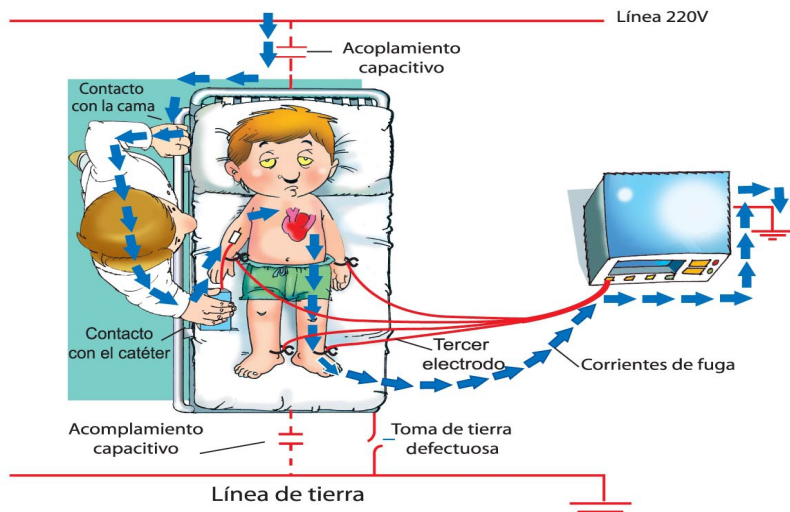


Figura N° 8 -Corriente de fuga provocada por otra persona que involuntariamente cierra el circuito.

Cuando las masas no están en conexión radial pueden aparecer distintos potenciales de masa ante una falla (**figura N° 9**).

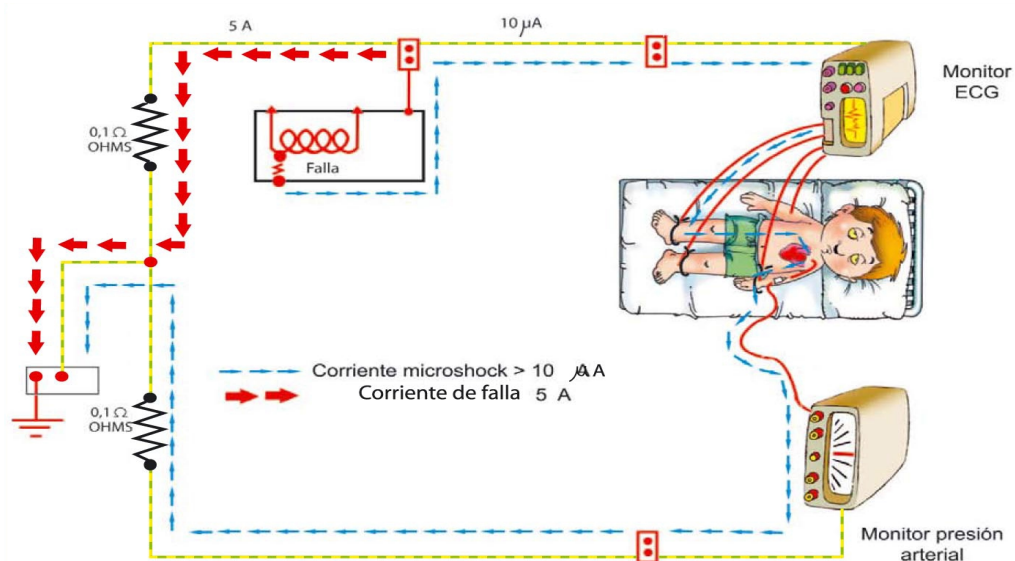


Figura 9- Riesgo de Microshock - Equipos conectados a diferentes potenciales de masa.

Se muestran dos casos de pacientes cateterizados y equipos con defectos o rotura del conductor de protección (**figura N° 10 y 11**) y sus circuitos equivalentes (**figura 12**).

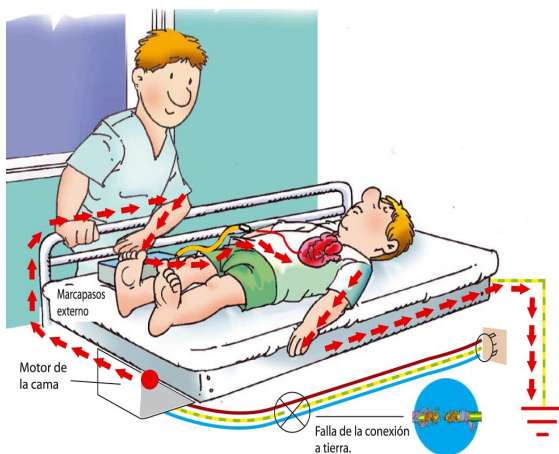


Figura 10 - Microshock provocado por catéter al corazón (caso 1)

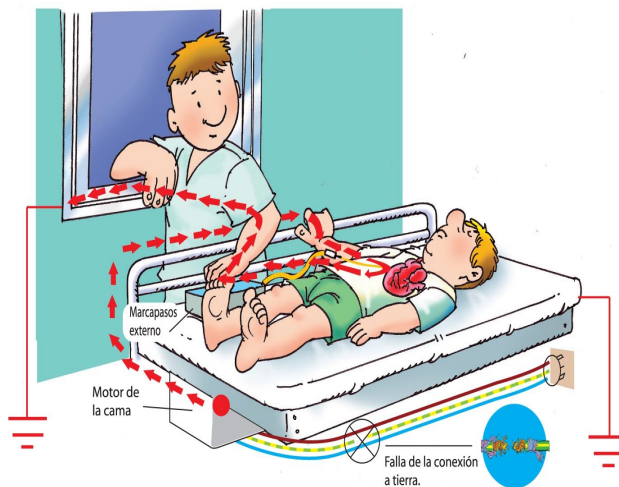
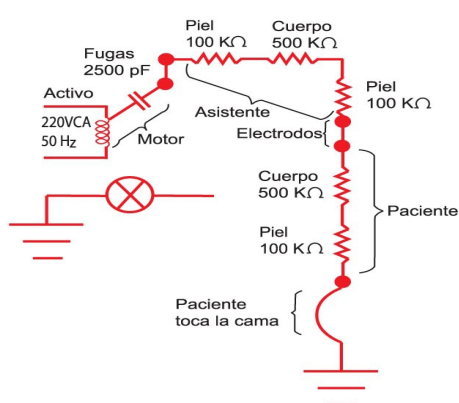
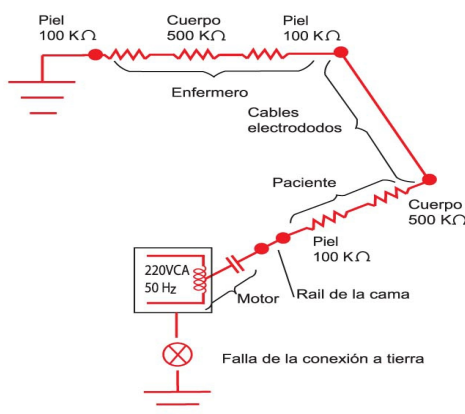


Figura N°11-Microshock provocado por catéter en el corazón (Caso 2)

Figura N° 12



Circuito equivalente a la figura 10.



Circuito equivalente a la figura 11.

Un hospital tiene un gran número de locales con distintos destinos. Se los puede agrupar en dos conjuntos: locales de uso médico y locales de uso no médico, como el hall de entrada, pasillos, baños para el público, salas de espera, habitaciones del personal, depósitos, locales de servicios, salas de máquinas, estacionamientos, oficinas administrativas, auditorio, helipuerto, etc,

A su vez, los locales de uso médico se dividen en tres grupos. Al primer grupo se lo denomina “salas del grupo 0”. Es requisito para integrar este grupo que no se empleen aparatos o dispositivos electromédicos conectados al paciente, aunque estos equipos pueden usarse fuera de las salas. Un ejemplo son los tensiómetros, nebulizadores o equipos eléctricos alimentados por baterías incorporadas sin que se apliquen electrodos sobre el paciente, como es el caso de los otoscopios, laringoscopios, fuentes de luz fría, monitores de latidos fetales, etc.. Pertenecen a este grupo de salas las de internación, esterilización y consultorios en general. Dado que por razones de servicio algunas salas se usarán de una manera diferente a la planificada no deberían utilizarse como pertenecientes al grupo 0.

El segundo grupo se lo denomina “salas del grupo 1”. En este grupo los pacientes entran en contacto con equipamiento médico a partir de sus partes aplicables al cuerpo, como consecuencia de tratamientos efectuados por personal habilitado. En este caso es aceptable que ante una falla se interrumpa el suministro eléctrico sin que ello signifique riesgo para el paciente, dado que la aplicación del equipamiento eléctrico puede interrumpirse y diferirse sin consecuencias. En general esta interrupción se debe a sobrecargas, cortocircuito o desconexión por protección diferencial. Las salas de internación, masajes, terapias físicas y consultorios pertenecen a este grupo. Las salas de diagnóstico radiológico, tomografía, resonancia magnética nuclear, etc, pueden estar en este grupo solo si en ellas no se efectúan procedimientos invasivos guiados por imágenes. En el caso que así fuera debe incluirse en el grupo 2. Si los equipos mencionados son únicos en el nosocomio, vale decir que el mismo equipamiento no está repetido, entonces deben tomarse como del grupo 2. En el caso que fueran únicos, indefectiblemente, en algún momento se los utilizará para procedimientos invasivos.

Al tercer grupo se lo denomina “salas del grupo 2”. En este grupo el equipamiento médico entra en contacto con el paciente de la misma manera que en el grupo 1, pero además se aplican electrodos en condiciones especiales dado que el paciente puede estar sedado o anestesiado. Los electrodos pueden ser superficiales o invasivos hasta llegar a ser catéteres aplicados directamente al corazón. Además, estos equipos deben seguir operativos ante la primera falla, dado que los tratamientos no pueden repetirse ni interrumpirse sin que impliquen un daño para los pacientes, como por ejemplo, intervenciones quirúrgicas. En general, las salas de este grupo son salas de endoscopia, salas de exámenes con procedimientos invasivos, shock room, unidad coronaria (UCO), unidad de terapia intensiva (UTI), ya sean neonatológicas, pediátricas o de adultos, salas de cateterismo, de examen intensivo, de hemodinamia, de endoscopia o de hidroterapia.

Finalmente, están las salas de cirugía, quirófanos de obstetricia, salas de preparación para cirugías, de yesos quirúrgicos, de recuperación post-quirúrgica, de diálisis agudas, etc. El caso de las salas de diálisis es bastante discutido, pero deben integrarse a las salas del grupo 2, ya que el paciente tiene una canalización central conectada a un equipo eléctrico y podría tocar alguna masa extraña provocándose situaciones de microshock.

Los interruptores diferenciales sólo pueden incluirse en las salas del grupo 2 para ciertos circuitos de iluminación o equipos que no se utilicen con los pacientes ni

estén cerca de ellos, ni presenten problemas con la continuidad del servicio. Por ejemplo, no deben alimentar heladeras donde se guarden medicamentos sensibles a la cadena de frío ni equipos de presurización de salas, dado que la falta de servicio implicaría problemas para un inmunodeprimido, o contagio indeseado provocado por un enfermo infeccioso. En cambio, se pueden utilizar para ciertos circuitos de iluminación general, lavachatas, etc.

Hay que comprender que en salas del grupo 2, es necesario que casi la totalidad del equipamiento siga funcionando ante la primera falla, por lo cual hay que privilegiar la continuidad del servicio. Esta necesidad rige aún para el equipamiento común. Por ejemplo, para la central telefónica, la red de cómputos, alarmas de gases medicinales, alimentación a compresores, bombas de vacío, aire acondicionado, sistemas de buscapersonas, sistemas de llamadas de enfermeras, etc.

A los efectos de lograr un abastecimiento seguro y continuo, aunque ocurra una primera falla, las salas del grupo 2 deben ser alimentadas con sistemas aislados de tierra (IT) para el entorno del paciente y equipos asociados al tratamiento. Otros equipos tales como computadoras, máquinas de limpieza, etc., no deben ser conectados a la red IT. Estos equipos deben estar fuera del área del paciente, la cual se define por una altura de 2,5 m desde el piso y una poligonal horizontal ubicada a 1,5 m del perímetro de la cama o mesa de operaciones.

En el caso de quirófanos es usual que se utilicen equipos de música u ordenadores portátiles. Estos equipos no deben conectarse a la red IT, dado que agregan capacidades al sistema. En el caso de las computadoras, éstas tienen fuente de alimentación conmutada que incluyen capacidades a tierra. Estas capacidades son detectadas por el sistema IT e interpretadas como primera falla, lo cual es correcto, pero una segunda falla en la otra rama del sistema puede afectar a las personas y equipos de alta sensibilidad.

El sistema IT está compuesto básicamente por estos elementos: el transformador de aislación, el monitor permanente de impedancia, las unidades repetidoras de monitoreo y el sistema equipotencial. Está diseñado para funcionamiento continuo con servicio no interrumpible por la primera falla o por sobrecargas. En estos casos una alarma indica la falla pero no se interrumpe el servicio.

El transformador de aislación es un transformador separador que logra una tensión secundaria aislada de tierra. La potencia asignada es a requerimiento. Parte desde los 3,1 kVA y llega hasta los 8 kVA. Potencias menores no generan valores de cortocircuito mínimos para el accionamiento de las protecciones magnéticas, y potencias mayores poseen valores de fuga inaceptables para este tipo de equipos. En general, se utilizan de 5kVA y la corriente de fuga máxima admisible es de 0,1 mA (según IEC) para el transformador. Otros países, como Canadá, lo limitan a 0,015 mA. En cambio EEUU, España, Italia, Francia, Finlandia adoptan 0,050 mA; Bélgica, Holanda y Noruega, 0,035, mientras que Australia permite 0,025 mA.

La totalidad del sistema tiene que tener una capacidad mínima para limitar las corrientes de fuga. Hay que tener especial cuidado de colocar los transformadores lo más cerca posible de los consumos para disminuir la capacidad parásita de los conductores que alimentan los tomas.

El efecto indeseado de los transformadores en general y de éstos en particular es el flujo de dispersión, éste es el flujo que surge de los devanados primarios y secundarios y que no es común a ambos. Este flujo disperso afecta el normal funcionamiento de los equipos sensibles que existen en las salas del grupo 2. Además, genera inducciones sobre los conductores de los equipos aplicados al

paciente.

La corriente máxima en vacío no debe ser mayor al 3% de la corriente total a plena carga. El nivel sonoro debe ser inferior a 40 dB medidos a 30 cm del núcleo con el equipo a plena carga. Debe poseer sensores de sobre-temperatura y de sobre-corriente, con sus respectivas alarmas; la aislación del bobinado debe ser de clase H y poseer pantalla electrostática conectada a tierra.

A los efectos de minimizar el flujo disperso es preferible la elección del núcleo de forma toroidal, en lugar de utilizar transformadores contruidos con laminaciones magnéticas troqueladas o elaboradas con núcleos armados en base a laminaciones cortadas en forma convencional. Esto es porque es inevitable la presencia de entrehierros los cuales, pese al esmero del constructor, generarán flujos magnéticos dispersos importantes. La distribución del flujo magnético a lo largo del circuito magnético es uniforme gracias a la ausencia de entrehierros causados por las uniones entre las chapas que conforman el mismo. El ruido en el núcleo toroidal es sensiblemente menor dado que se minimizan los efectos de la magnetostricción. A diferencia del transformador de columnas, el transformador toroidal, al tener núcleo circular, se confecciona con un núcleo en forma de fleje continuo, el cual luego de su elaboración, tratamiento térmico y por el agregado de resinas toma una forma compacta y maciza, ejecutándose el bobinado por encima.

Los transformadores toroidales representan, como ningún otro tipo, el diseño ideal de cómo debe ser un transformador. Faraday diseñó y bobinó su primer modelo con este formato. Se construyen con flejes de muy bajas pérdidas y alta inducción de saturación. En los transformadores toroidales el flujo magnético queda concentrado uniformemente en el núcleo y debido a la ausencia de entrehierros se eliminan las vibraciones. Como el bobinado se reparte por toda la superficie del núcleo desaparece el ruido provocado por la magnetostricción favoreciéndose la disipación térmica. Estos detalles hacen que los transformadores toroidales aventajen significativamente a los convencionales. Finalmente, el agregado de pantalla electrostática permite filtrar la red IT de parásitos electromagnéticos. Este apantallamiento también permite anular la dispersión magnética.

Es menester aclarar que en las salas del grupo 2 no puede haber transformadores de 110/220 VCA por lo expresado respecto al flujo disperso y por otras consideraciones ajenas al tema eléctrico. El monitor de impedancia es el apropiado para salas del grupo 2 dado que, si se emplea el monitor de resistencia, el paciente puede recibir un microshock por efectos capacitivos y el equipo ignoraría la falla.

Un monitor de impedancia que vigile las dos ramas y el punto medio del secundario, está preparado para detectar fallas resistivas, capacitivas, combinadas, simétricas o desbalanceadas. Las calibraciones usuales de alarma son 2 y 5 mA con alarma visual y sonora (silenciable).

De acuerdo al proyecto de la sala pueden colocarse repetidoras de alarmas en sala de enfermeras o bien en oficina de mantenimiento. Paralelamente a la detección de fallas eléctricas el monitor debe controlar la temperatura del equipo y el nivel de cargas, avisando cuando se detecten valores superiores a los configurados. El monitor sólo indicará la anomalía en forma visual y acústica, pero no puede tener capacidad de interrumpir el servicio y se permite silenciar la alarma acústica transitoriamente.

La equipotencialización y la puesta a tierra de las salas del grupo 2 es fundamental para evitar los riesgos de microshock, dado que la diferencia de tensión entre distintos puntos de masas, con los equipos en funcionamiento normal, no debe

superar en ningún caso los 20 mV.

En la **(figura N° 9)** se observa el riesgo de microshock debido a una inadecuada equipotencialización. Si este valor es superado existen riesgos de microshock a través de los acoplamientos capacitivos de los distintos equipos. Todas y cada una de las masas de los tomacorrientes, de las masas extrañas a la instalación eléctrica como ser ventanas, camas, poliductos, etc deben conectarse en forma radial a la barra equipotencial de la sala, formando el nodo de esa sala.

El nodo equipotencial de cada sala del grupo 2 deberá ser conectado en forma radial a la barra equipotencial principal del edificio. Existen empresas que solicitan puesta a tierra independiente para algún equipo aduciendo distintas consideraciones, pero si esto se hiciera, seguramente esa puesta a tierra independiente tendrá diferencias de potencial respecto de la tierra de la sala, la que holgadamente superará los 20 mV en condiciones normales y se volverá muy peligrosa en caso de descargas atmosféricas. Esto es debido a que la diferencia de potencial entre tierras puede tomar valores instantáneos de más de 10.000 voltios.

También es bastante frecuente observar tomas múltiples (zapatillas) conectadas a un toma de servicio **(figura N° 13)** y a su vez otros equipos conectados a otros tomas en quirófanos u otras salas del grupo 2. En este caso, si se produce una falla la diferencia de potencial entre masas, se superará ampliamente los 20 mV tomados como límite, poniendo así en riesgo al paciente.



Figura 13 - Tomas múltiples (Zapatilla) conectados a un toma de quirófano. Riesgo de tierras a distinto potencial.

Para asegurar la equipotencialización de la sala también deben conectarse radiadores de calefacción, mesadas metálicas, canillas y toda otra masa metálica presente en forma radial a la barra de la sala. Las cañerías metálicas de distintos fluidos (gases medicinales, agua, calefacción, aire acondicionado) deben interrumpir su conexión galvánica al entrar a la sala mediante piezas aislantes, a los efectos de no formar lazos de tierra, colocando entre las dos partes aisladas DPS (dispositivos de protección contra sobretensiones, también llamados vías de chispa, aunque son distintos).

Además, las salas del grupo 2 deben tener pisos disipativos de cargas estáticas, con barras colectoras dispuestas en cuadrícula, conectadas al nodo equipotencial de la sala. El valor de la resistencia de estos pisos varía con las normas. Mientras que IEC denomina pisos altamente disipativos de cargas a los pisos con resistencias comprendidas entre 50 kOhms y 1 MOhm, NFPA permite valores a partir de 27

kOhms para salas del grupo 2.

Las instalaciones hospitalarias en general y la eléctrica en particular, deben estar especialmente diseñadas para asegurar la continuidad del servicio. Al realizar el proyecto se debe establecer claramente la vulnerabilidad que va a ser asignada, dado que de ésta depende el tipo de proyecto que se definirá.

Como es de suponer, cuando ocurra la primera falla, proyectos con vulnerabilidad alta serán pasibles de tener falta de continuidad de servicio en forma parcial o total. En consecuencia, es menester que el tablero principal (TPBT) esté alimentado desde dos tomas independientes, y de ser posible, cada uno conectado a sendos transformadores de distribución alojados separadamente en dos áreas de fuego y a su vez alimentados desde dos celdas diferentes de media tensión.

Además el TPBT tiene que tener en áreas de fuego separadas la parte de alimentación normal, la transferencia y la alimentación de emergencia. El sistema debe tener capacidad de conmutación automática con retardo de desconexión y anticipo de conexión de neutro, dado que la ausencia transitoria de neutro puede producir tensiones indeseadas en las líneas, con el consiguiente peligro para las personas y las instalaciones, afectando particularmente a las UPS On Line, produciéndole entre otros efectos, pérdida de sincronismo.

Además de la alimentación principal descrita, se debe poseer grupo moto-generador de capacidad adecuada al proyecto.

Dependiendo del tipo de grupo electrógeno, la carga puede transferirse en un paso, o, como es en general, hay que efectuar distintos retardos en la aplicación de las cargas por incapacidad del grupo para soportarlas instantáneamente. Como es obligatorio que el grupo tenga un neutro independiente, el vínculo entre neutro y tierra se efectuará a la salida de esta fuente alternativa.

Al efectuarse la transferencia también es necesario que estén solapados los neutros para evitar que la diferencia de tensión entre neutro y tierra tome valores inadmisibles. El solapado de neutros es necesario para evitar su discontinuidad durante las transferencias, vale decir, que al iniciarse la transferencia de fuentes, el neutro de la fuente alternativa conecta antes de que abra el de la fuente normal.

Existen diversos equipos (por ejemplo, equipos riesgo de vida) cuyas características requieren tener funcionamiento continuo sin esperar la alimentación del grupo. Para este caso se utilizan las UPS. Estas son convertidores estáticos alimentados por grupos de baterías, las cuales son recargadas en condiciones normales.

De acuerdo a las necesidades, se pueden agrupar los suministros de energía eléctrica en tres grandes grupos:

El primero es sin interrupción, o sea, tiempo de conmutación igual a cero. Esto se logra con alimentación mediante UPS "ON LINE". También es frecuente encontrar tiempo de conmutación menor que 0.5 segundos. Esto se observaba en las UPS "OFF LINE", es decir, la máquina detectaba la falta de suministro, comenzaba a oscilar y transfería la carga. Todo el proceso debía durar menos de 0.5 segundos. Actualmente las UPS OFF LINE están prácticamente obsoletas y se utilizan las denominadas UPS ON LINE. Estos equipos generan permanentemente, por lo que el tiempo de interrupción es cero.

El segundo grupo de cargas es el de las que deben reconectarse dentro del plazo máximo de 15 segundos, con energía provista por un grupo electrógeno.

El tercer grupo de cargas comprende las que pueden conectarse con un plazo mayor a los 15 segundos sin afectar su función específica.

Dado que el moto-generador (grupo electrógeno) puede llegar a tener una capacidad inferior a la instalada en el nosocomio (cosa no recomendada), puede inferirse que habrá un cuarto grupo de cargas que no serán alimentadas en la emergencia.

Debe preverse una autonomía mínima de 24 horas para el moto-generador, en tanto que las UPS deberán tener mínimo una hora y preferiblemente 3 horas.

Adicionalmente, se debe alimentar a los tableros seccionales mediante dos ramales independientes llevados por dos áreas de fuego diferentes. Estos tableros, a su vez, también tendrán transferencia propia con lógica independiente del TPBT.

Finalmente, hay que tener en cuenta la protección contra descargas atmosféricas, tanto en la parte exterior del edificio como en el interior, asignando adecuadamente los niveles de protección admisibles. El tema es muy complejo por lo que independientemente de las consideraciones generales se debe efectuar un análisis exhaustivo del caso en particular para una correcta evaluación del nivel de protección requerido.

CONCLUSION

A través de lo expuesto se ha tratado de crear conciencia sobre la importancia del diseño y ejercicio de los controles debidos sobre el sistema eléctrico en ambientes hospitalarios y sobre la real y correcta aplicación que debe hacerse de las normas y reglamentaciones que indican la forma en que deben ser realizadas las instalaciones según su destino y uso.

Especial énfasis se hace en el cuidado que debe observarse sobre la vigencia de las normas que se están utilizando.

Los efectos que produce la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano deben ser especialmente tenidos en cuenta cuando los valores se tornan peligrosos. Deben considerarse especialmente estas circunstancias en el ámbito hospitalario.

Resumiendo lo expuesto, hay que evitar el riesgo de macroshock y microshock. El microshock mata gente y no produce daños fácilmente visibles en el cuerpo, por lo que el personal ve que el paciente se muere pero ignora la causa o la atribuye a la evolución del cuadro clínico.

En las salas del grupo 2 se deben adoptar medidas específicas para resolver diversas situaciones que comprometen a los pacientes y al personal involucrado. No deben colocarse interruptores diferenciales, salvo en circuitos auxiliares. En las salas del grupo 2 deben colocarse Sistemas IT con monitoreo permanente de la impedancia del sistema y no deben utilizarse monitores por resistencia porque ignoran las fallas capacitivas. En las salas del grupo 2 deben controlarse permanentemente las fallas resistivas, capacitivas, combinadas, balanceadas y desbalanceadas. Es muy recomendable el uso de transformadores de aislación toroidales por sus características superiores respecto de los convencionales. La totalidad del sistema tiene que tener una capacidad mínima para limitar las corrientes de fuga. Hay que tener especial cuidado de colocar los transformadores lo más cerca posible de los consumos para disminuir la capacidad parásita de los conductores que alimentan los tomas. Los transformadores toroidales, representan como ningún otro tipo, el diseño ideal de cómo debe ser un transformador.

Todos los equipos de una misma sala deben tener conexión de tierra realizada en forma radial hasta su nodo equipotencial. **(figura 16)**. No son admisibles tierras

distintas no equipotencializadas por su alta peligrosidad. La equipotencialización debe realizarse en la barra equipotencial de la sala.

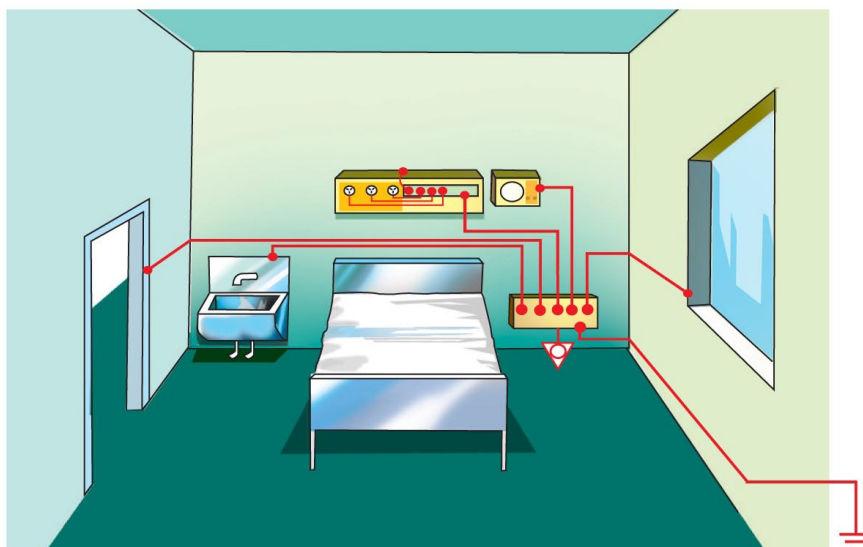


Figura 16 - Principios de un sistema equipotencial de masas en una habitación

Es menester que el tablero principal (TPBT) esté alimentado desde dos tomas independientes, y, de ser posible, cada uno conectado a sendos transformadores de distribución alojados separadamente en dos áreas de fuego y a su vez alimentados desde dos celdas diferentes de media tensión.

El sistema debe tener capacidad de conmutación automática con retardo de desconexión y anticipo de conexión de neutro, dado que la ausencia transitoria de neutro puede producir tensiones indeseadas en las líneas, con el consiguiente peligro para las personas y las instalaciones, afectando particularmente a las UPS On Line, produciéndole entre otros efectos, pérdida de sincronismo.

Además de la alimentación principal descrita, se debe poseer grupo moto-generator de capacidad adecuado al proyecto.

Se debe evaluar correctamente la protección del hospital contra descargas atmosféricas, donde independientemente de otras consideraciones no menos importantes se debe asegurar la equipotencialización en todos los aspectos.

Es de vital importancia concientizar a los directivos de hospitales, clínicas etc, tanto en el sector privado como a los funcionarios públicos con incumbencia en el área hospitalaria, de la necesidad de adecuar las instalaciones existentes para que cumplan con los requisitos de seguridad eléctrica y de continuidad del servicio, ya que diariamente se observan violaciones a las reglamentaciones y aun en el caso de remodelaciones o de instalaciones nuevas se ignora o se hace caso omiso a las disposiciones. Proyectos que no incluyan seguridad eléctrica adecuada seguramente serán más baratos, pero la diferencia económica nunca compensará el valor de una vida.

Asesoramientos que priorizan intereses económicos a la rigurosidad técnica, producen una cadena de errores que se pagan con la vida de las personas involucradas y con la destrucción de los equipos e instalaciones.

En este trabajo se mostró, por lo tanto, la importancia que tienen las instalaciones eléctricas hospitalarias y las distintas consideraciones que deben tenerse en cuenta a la hora de proyectar instalaciones nuevas o remodelaciones para adecuarlas a un

uso correcto con la seguridad eléctrica que merecen los pacientes.

Se debe recordar entre otros casos conocidos, que no hace mucho falleció una mujer quemada en quirófano por maniobras desafortunadas que provocaron una chispa eléctrica o las personas que fallecieron a causa de la falta de tensión en un tablero que alimentaba los compresores de aire que alimentaban los respiradores conectados a los pacientes internados en terapia intensiva. No son accidentes, son errores que se podían haber evitado.

ANEXO A ABREVIATURAS

AEA	Asociación Electrotecnica Argentina
ANSI	American National Standards Institute
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers
IRAM	Instituto Argentino de Normalización
NEC	National Electric Code
NFC	Asociación Francesa de Normalización
NFPA	National Fire Protection Association Standards from ANSI
REBT	Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
UL	Underwriters Laboratories Inc
UNE	Asociación Española de Normalización
VDE	Verband der elektrotechnik elektronik informationstechnik
