

Práctica Recomendada por IEEE para Sistemas Eléctricos en Instalaciones de Atención Médica | Extracto del Libro Blanco

Tableros de Aislamiento



PRÁCTICA RECOMENDADA POR IEEE PARA SISTEMAS ELÉCTRICOS EN INSTALACIONES DE ATENCIÓN MÉDICA

6.6 Condiciones Ambientales Relacionadas con la Seguridad Eléctrica

6.6.1 Fuente de corrientes de fuga

La corriente de fuga proviene principalmente del acoplamiento capacitivo entre conductores energizados y objetos conectados a tierra y, en segundo lugar, de trayectoria de alta resistencia a través o a lo largo de la superficie de los materiales aislantes.

Cuando dos conductores muy próximos se energizan desde el secundario de un transformador de distribución, una pequeña corriente fluye entre ellos debido a las propiedades dieléctricas del aislamiento del conductor. Cuando estos conductores se colocan en un conduit metálico puesto a tierra, también habrá fugas entre el conductor de fase sin conexión a tierra de un sistema conectado a tierra y el conducto. En un sistema aislado, ninguno de los conductores de energía está conectado a tierra, por lo que habrá fugas de ambos conductores de energía a tierra (es decir, al conducto o conductor de

 [Enviar whatsapp](#)

conexión a tierra). El camino es de un conductor al conducto y al otro conductor. La corriente no fluye en el conducto ya que no hay una ruta de retorno directa a la fuente de corriente desde tierra. Consulte las tablas 6-1 y 6-2.

Tabla 6-1 — Tabla de corrientes de fuga contribuidas por el cableado

Material Utilizado	Resultado
Cable TW Conduit metálico Compuesto para tirar del cable con conductor de puesta a tierra	9.84 μA por metro (3 μA por pie) en el cable.
Cable XLP Conduit metálico SIN compuesto para tirar del cable con conductor de puesta a tierra	3.28 μA por metro (1 μA por pie) en el cable.

Tabla 6-2 — Tabla de corrientes de fuga contribuidas por equipo

Equipo	Corriente de Fuga rango en μA
Luminaria de cirugía (una sola lámpara fija)	75 - 175
Luminaria de cirugía (montada en riel)	300 - 400
Lámpara portátil de cirugía	10 - 100
Equipo de rayos X (sencillo)	50 - 150
Electrocauterio	100 - 300
Bomba de vacío	50 - 125
Monitor de signos vitales (un sólo canal)	30 - 200
Monitor de signos vitales (ocho canales)	275 - 350
Máquina corazón-pulmón	350 - 450
Desfibrilador	50 - 125
Equipo portátil de Rayos X (120Vac descarga capacitiva)	30 - 50
Desfibrilador cardiaco	15 - 50
Respirador	100 - 50
Sincronizador cardíaco	75 - 125
Unidad de Hipotermia (para un solo paciente)	125 - 175

Rangos dados a partir de pruebas de equipos médicos en campo y en buenas condiciones de funcionamiento. Los equipos más antiguos exhibieron una mayor corriente de fuga.

NOTA: Instalar grandes distancias de cable en el sistema eléctrico aislado sumarán una cantidad considerable a la corriente de fuga total del equipo [por ejemplo, un cable de alimentación de 18.29m (60 ft) puede agregar de 60 μA a 130 μA de fuga a un electrocauterio].

6.6.2 Límites establecidos por normalización

La Tabla 6-3 muestra los límites de corriente de fuga de equipos portátiles establecidos por NFPA 99-1996 (Capítulos 7 y 9). Los valores se basan en parámetros fisiológicos y sólo después de un extenso debate por parte de los comités técnicos responsables de estos capítulos particulares de NFPA 99-1996. Los límites actuales de tensión e impedancia del sistema de puesta a tierra en las áreas de atención al paciente son 20 mVac y 0.1 Watts, respectivamente. Estos límites de tensión e impedancia se pueden encontrar en el Capítulo 3 de NFPA 99-1996. En general, particularmente para la tensión, los valores reales medidos en el momento de la aceptación deben ser mucho más bajos que estos. Los valores que se acercan a estos indican que algo anda mal con el diseño o la instalación.

Tabla 6-3 — Límites máximos de corriente de fuga segura

Tipo de equipo médico	NFPA 99-1996
Equipo portátil (uso de paciente)	300 μ A
Equipo portátil con cables de entrada al paciente no aislados	100 μ A
Equipo portátil con cables de entrada al paciente aislados	50 μ A
Equipo portátil (uso hospitalario, ejemplo: limpieza, mantenimiento, etc.)	300 μ A

6.6.3 Medidas de protección para la corriente de fuga

Se utiliza el sistema aterrizado para evitar las corrientes de fuga y falla de descargas de la fuente. El cable verde de puesta a tierra es la conexión efectiva a tierra y por sí solo puede proporcionar una impedancia de conexión a tierra efectiva del orden de 0,1 a 0,3 Ohms al extremo de un circuito derivado. El conduit metálico reduce la impedancia de puesta a tierra efectiva al proporcionar otra ruta paralela.

Se debe subrayar que cuando se usa un sistema eléctrico no aterrizado, no restringe la necesidad de un sistema de conexión a tierra efectivo y de baja resistencia. Si bien el sistema de distribución sin conexión a tierra limita la cantidad de corriente de falla que fluye en la falla, no elimina la corriente de falla por completo. El conductor de puesta a tierra es una derivación eficaz para esta corriente en paralelo con el paciente y el personal.

Pese a que la magnitud de las corrientes de cortocircuito se reduce drásticamente por un sistema no aterrizado, debido a la impedancia adicional inherente a un transformador de aislamiento, la respuesta del sistema no-aterrizado a una falla de línea a línea es similar a la de un sistema aterrizado convencional, en que activará los dispositivos de protección por sobrecorriente e interrumpirá la energía al área. Sin embargo, la inmensa mayoría de fallas que ocurren dentro de los electrodomésticos son fallas entre línea y tierra, no entre línea a línea, por lo que debe tenerse en cuenta que una falla de línea y tierra en un sistema aterrizado causará una pérdida del suministro de energía al equipo o al sistema; en comparación con un sistema no-aterrizado que continuará operando de manera segura durante una falla de línea a tierra.

Un sistema eléctrico aislado de tierra puede ser más costoso de instalar que un sistema aterrizado, ya que se debe proporcionar un transformador de aislamiento y un monitor de aislamiento de línea (MAL). La conveniencia del paquete de un sistema eléctrico aislado en un solo gabinete (*tablero de aislamiento*) permite su instalación en menos tiempo que la instalación de componentes individuales. Se deben realizar pruebas periódicas en este equipo así como el sistema eléctrico aislado, y se deben mantener registros de los resultados de estas pruebas. Se deben permitir diez minutos por mes para cada sistema eléctrico aislado dentro del hospital. Para un sistema conectado a tierra convencionalmente, el mantenimiento para asegurar la integridad de la tierra y para asegurar que el equipo de protección contra fallas a tierra sea satisfactorio, es al menos igual de exigente. El costo de un sistema eléctrico aislado y el MAL deben evaluarse contra los beneficios,

los requisitos del código y la prima del seguro, si no está presente. El sistema eléctrico aislado sigue siendo reconocido como el sistema más seguro posible por el NOM-001-SEDE/NFPA 70 (artículo 517) y NFPA 99-1996, y es un requisito en las áreas de Cirugía, Unidades de Cuidados Intensivos / Unidades Coronarias.

Por lo general, en construcciones modernas se agrega una o más vías de tierra redundantes y paralelas al cable verde de puesta a tierra a través de tubería de agua metálica, tubería metálica de gases médicos y elementos estructurales metálicos. Estas rutas proporcionan una impedancia de tierra efectiva en el receptáculo del orden de 2 miliOhms a 20 miliOhms. Además de proporcionar una baja impedancia, estos elementos proporcionan una red de múltiples caminos para las corrientes de falla, de modo que el voltaje que hubiere dentro de la vecindad del paciente, rara vez sea causa de peligro, incluso durante una falla grave. Las condiciones de peligro generalmente se desarrollan cuando fallan los cables a tierra del equipo médico o fallan la conexión a tierra del sistema de tierras, o ambos, fallan.

Los GFCI (interruptores de falla a tierra) y los sistemas de distribución aislados minimizan estos peligros. Los GFCI sólo deben aplicarse donde la interrupción del suministro de energía sea tolerable.

6.6.4 Factores de diseño que afectan la corriente de fuga

La capacidad inductiva específica (CIE) es un término que utilizan los fabricantes de cables para evaluar las propiedades dieléctricas de las características de aislamiento de un cable en particular. La constante dieléctrica es un término utilizado para definir las propiedades de los materiales aislantes. Los dos términos, aunque estrechamente relacionados, no son iguales.

El artículo 517-160(A)(7) de NFPA 70 (NOM-001-SEDE) recomienda que los conductores de un sistema eléctrico aislado tengan un aislamiento con una constante dieléctrica de 3.5 o menos. También debe reconocerse que la mayoría de los fabricantes indicarán el número CIE, que suele ser más alto que la constante dieléctrica del material aislante. Se debe tener cuidado de definir un cable en particular para estas aplicaciones de bajas corrientes de fuga.

Es importante considerar que las corrientes de fuga, la calidad y el espesor del aislamiento limitan el acoplamiento capacitivo entre los conductores y tierra. El acoplamiento capacitivo está determinado por la constante dieléctrica del aislamiento, la longitud del conductor y el espacio entre el conductor y tierra. El aislamiento del cable con la constante dieléctrica más baja puede tener otras propiedades que no son aceptables. El polietileno tiene una constante dieléctrica menor que el polietileno reticulado, pero también tiene un rango de temperatura menor.

6.6.9 Lugares húmedos o mojados

En un sistema convencional aterrizado, siempre será posible que una persona reciba una descarga si se encuentra entre un equipo energizado y material metálico puesto a tierra.

Las grandes cubiertas metálicas y los pisos con charcos de agua presentan una posible condición peligrosa. Un piso cubierto de agua es potencialmente más peligroso que una plataforma de metal seca porque el agua puede penetrar los zapatos y hacer una mejor conexión eléctrica con el cuerpo. Además, siempre hay la posibilidad de salpicaduras de agua a los dispositivos eléctricos, creando contacto con fuentes eléctricas.

La ubicación de dispositivos eléctricos cerca de bañeras o piscinas con agua donde un paciente puede recibir tratamiento o donde los pacientes nadan presenta la posibilidad de una descarga.

La mayoría de los quirófanos se consideran lugares húmedos ya que con frecuencia se derraman líquidos conductores (orina, sangre, soluciones salinas).

Una cama con un paciente con incontinencia posiblemente podría considerarse un lugar húmedo. Ha habido informes de descargas eléctricas graves cuando las camas eléctricas tenían controles de cable conectados al voltaje de línea. El uso de controles sellados, de bajo voltaje o neumáticos reduce las posibilidades de estas descargas.

Se deben tomar o considerar varias medidas de precaución siempre que sea habitual tener concentraciones de líquidos conductores en el suelo mientras los pacientes están presentes.

El primer paso, y el más importante, es tener equipos hechos para este tipo de entorno, que estén correctamente instalados, usados y mantenidos con cuidado. Deben tomarse medidas para proporcionar protección contra salpicaduras. Los gabinetes metálicos que contienen equipos médicos energizados deben estar permanentemente conectados a tierra con un conductor de puesta a tierra del tablero de aislamiento. El equipo médico energizado debe ubicarse tan lejos del área mojada como sea práctico. Se debe prestar especial atención a la ubicación del equipo médico conectado por cable donde el cable pueda caer en una tina, palangana o piscina en la que las personas trabajarán o recibirán tratamiento. Las electrocuciones en los baños domésticos se han producido con mayor frecuencia cuando se colocaron aparatos eléctricos cerca de la bañera y luego se tocan o se cayeron dentro de la bañera.

Cuando se utilice equipo portátil conectado por cable y energizado, como en una sala de hidroterapia, se pueden usar GFCI para brindar protección cuando ocurren accidentes. En el quirófano, se utilizará el sistema eléctrico aislado (tableros de aislamiento), porque no se puede tolerar la interrupción de la alimentación.

En el momento de redactar este documento, el NEC (NOM-001-SEDE) requiere que los GFCI se instalen en cualquier habitación o área que tenga un lavabo con uno o más de los siguientes elementos: un inodoro, una bañera o una ducha. Pueden ocurrir accidentes con cepillos de dientes, afeitadoras o secadores de pelo eléctricos. Una alternativa a los GFCI sería eliminar los receptáculos alimentados por línea.

6.7 Medidas de seguridad básicas

6.7.1 Aislamiento

Los conductores energizados deben estar aislados entre sí, de tierra, de los pacientes y del personal del hospital. Este aislamiento se crea tanto por el material aislante utilizado como por la separación de espacios. La protección primaria de aislamiento de los catéteres cardíacos se puede proporcionar aislando adecuadamente el extremo expuesto o haciendo que el entorno que rodea al catéter sea lo más seguro posible.

6.7.2 Puesta a tierra

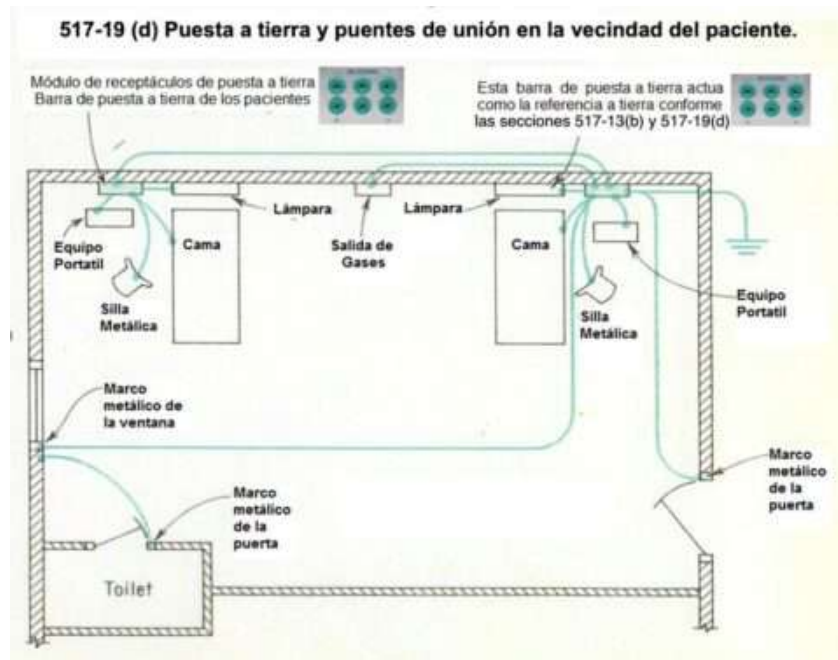
La puesta a tierra proporciona una ruta de retorno no peligrosa para las corrientes de fuga que existen y minimiza el peligro producido cuando se desarrolla una condición de falla.

6.7.2.1 Puesta a tierra del sistema

La conexión a tierra en un área de atención crítica del paciente y en un lugar de anestesia es de gran importancia en la protección contra descargas eléctricas y electrocución. Una conexión a tierra adecuada proporciona un medio para disipar las cargas estáticas y desviar las corrientes de falla y / o aislar a los pacientes y médicos de las corrientes de fuga normales.

Un buen sistema de puesta a tierra requiere un punto de conexión a tierra de referencia, generalmente la barra de conexión a tierra en el tablero de aislamiento, anteriormente denominado como barra de tierra equipotencial. Todas las superficies metálicas en la vecindad del paciente que se pudieran energizar deben estar unidas al punto de conexión a tierra de referencia

con un conductor efectivo al menos igual a un cable de cobre calibre # 10 AWG. Dos superficies típicas pueden ser: La salida de oxígeno y un accesorio de plomería. Todas las terminales de puesta a tierra del receptáculo están puestas a tierra al punto de conexión a tierra de referencia por medio de un conductor de cobre color verde. El conductor verde está aislado para protección contra la corrosión y para evitar puntos de arco entre el conductor y el conductor en caso de falla.



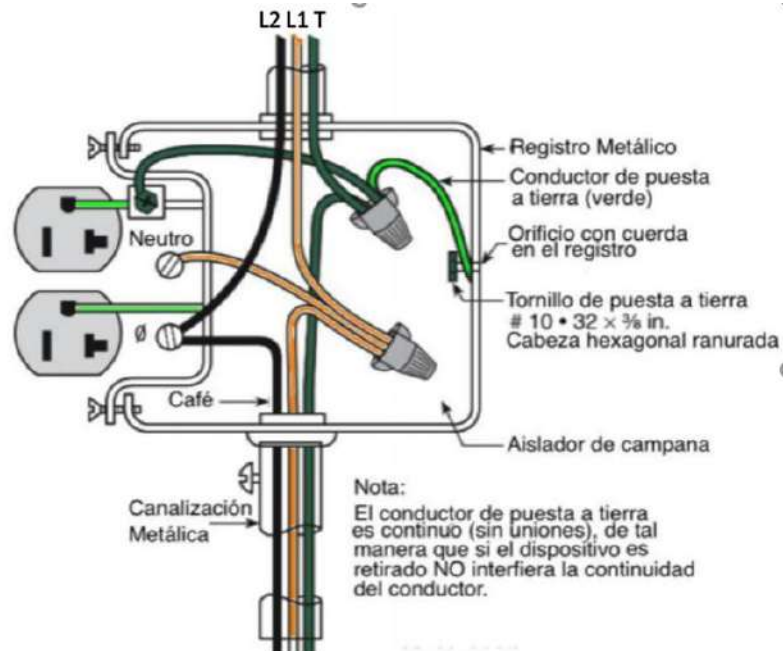
La conexión a tierra del equipo proporciona una ruta de baja impedancia para conducir de manera segura las corrientes de falla o las corrientes de fuga de regreso a la fuente. También es un medio de unir todas las superficies metálicas de modo que las diferencias de potencial entre dichas superficies sean mínimas. Una buena conexión a tierra es vital en las instalaciones sanitarias que en otras ocupaciones debido a la vulnerabilidad de los pacientes. Los pacientes, especialmente aquellos que están bajo anestesia, en coma o que están muy enfermos, no pueden reaccionar, autopreservación de ninguna otra forma de una descarga eléctrica como puede hacerlo un individuo sano normal, y estos pacientes suelen estar conectados a equipos eléctricos. Además, las tensiones que normalmente no son peligrosas para una persona sana y vestida pueden ser peligrosas en un centro de atención médica. La naturaleza de la enfermedad de un paciente puede reducir la resistencia natural de su cuerpo debido a incontinencia, transpiración o heridas abiertas. El proceso de diagnóstico de un paciente puede hacer que ese paciente sea más vulnerable a una descarga eléctrica. El sistema de conexión a tierra en una instalación de atención médica está diseñado para minimizar los potenciales de voltaje que se pueden crear en las superficies del conductor de tierra debido a las corrientes de tierra circulantes.

El artículo 517 del NEC (NOM-001-SEDE) desde las ediciones de 1971, 1975 y 1978 especificaba y requería el uso de equipos de puesta a tierra con resistencias máximas para cada rama de dicho sistema. Si bien estos requisitos del artículo 517 se han reducido considerablemente en las ediciones posteriores del NEC, la conexión de puesta a tierra del equipo médico en las áreas de atención al paciente sigue siendo más exigente que los requisitos generales para la conexión a tierra que se encuentran en el artículo 250 del NEC. Además, el término conexión de puesta a tierra potencial ya no se usa en el NEC y NFPA 99. Sin embargo, el ingeniero electricista que diseña una instalación hospitalaria debe ser advertido de no asumir que la eliminación de este término también elimina todos los requisitos especiales de conexión a tierra. Para áreas de atención al paciente. Se debe realizar un estudio cuidadoso del artículo 517 de la NEC actual y de la NFPA 99 para determinar exactamente qué disposiciones

especiales de conexión a tierra se requieren en todas las áreas de atención al paciente.

6.7.2.2 Conexión a tierra del cable de alimentación

El conductor de puesta a tierra color verde del equipo provisto en un cable de alimentación del equipo evita que los potenciales estáticos se acumulen a valores peligrosos en las partes que no transportan corriente, como carcasas, estuches y cajas de aparatos eléctricos. Si estas piezas no están debidamente conectadas a tierra, una carga estática podría acumularse hasta cierto punto y alcanzar un valor tal que se descargará automáticamente en forma de chispa electrostática. Tal descarga estática podría ser un peligro para el paciente y el asistente si enciende algún gas o material inflamable o proporciona una descarga.



Artículo 517-13 (a) y (b)

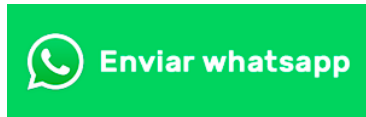
El conductor de puesta a tierra del equipo también proporciona una ruta para la corriente de fuga y la corriente de falla, que podría conducirse a la caja de un aparato eléctrico. La magnitud de esta corriente de fuga depende de las características del aparato y del aislamiento asociado con él. La corriente de fuga podría dar como resultado diferencias potenciales entre los equipos y podría fluir a través de los órganos vitales de un paciente si se establece una ruta de corriente del paciente. Una de estas condiciones se encuentra en los procedimientos de cateterismo cardíaco donde pequeñas cantidades de corriente pueden causar fibrilación ventricular. Un ejemplo sería un paciente en una cama operada eléctricamente con el paciente con cables de monitorización que no están aislados. La ruta de conexión a tierra podría ser a través del paciente a través del asistente y los cables cardíacos. Dado que la resistencia del conductor de tierra del cable de alimentación es significativamente menor que la ruta a través del paciente, casi toda la corriente fluiría hacia el conductor de tierra.

La resistencia del conductor de tierra es de suma importancia. Un cable calibre # 10 AWG solo representa 0.0001 Ohms / pie (0.000 328 Ohms / m). En áreas de anestesia, la práctica del diseño limita las diferencias potenciales entre las superficies conductoras que podrían entrar en contacto con el paciente a 40 mV.

6.7.2.3 Receptáculos (verdes) de puesta a tierra



En ediciones anteriores del NEC, se dictaron disposiciones para la conexión de equipos conductores no eléctricos. Estas disposiciones debían cumplirse proporcionando a cada área de atención de pacientes críticos un tipo específico de receptáculo de puesta a tierra. Se requería que cada quirófano tuviera un mínimo de seis receptáculos de puesta a tierra. Si bien esto ya no es un requisito de NEC, muchos ingenieros recomiendan que se proporcione al menos un receptáculo verde de puesta a tierra en cada área de pacientes de cuidados críticos. Este receptáculo de tierra proporcionará una conexión fácil al sistema de tierra con el propósito de una conexión a tierra redundante de cualquier pieza particular de equipo excepcionalmente peligroso y permitirá además la conexión al sistema de tierra para propósitos de prueba. Si bien el costo de un solo receptáculo de tierra, o incluso de varios receptáculos verdes de tierra en una habitación, es muy bajo y casi insignificante, los beneficios que brinda tener la conexión al sistema de tierra convenientemente accesible son innumerables. Si se especifican tomas de tierra en el proyecto, es conveniente especificar varios cables de tierra que se pueden utilizar con estas tomas de tierra.



6.7.3 Protección contra sobrecorriente

Existe poca diferencia entre la protección contra sobrecorriente, que se proporcionará dentro de los entornos hospitalarios, y la que se proporcionará para otros edificios comerciales. Cuando se utiliza energía aislada, los circuitos secundarios alimentados desde el transformador de aislamiento debe estar provisto de interruptores automáticos de dos polos. Se debe tener cuidado para obtener el equipo más confiable y de la más alta calidad disponible.

6.7.4 Adecuación de la potencia

Con los dispositivos eléctricos de soporte de la vida, existe la necesidad de suministrar energía en cantidad y continuidad adecuada, donde y cuando sea necesario. Existe una expectativa muy razonable de que los requisitos de energía aumentarán con el tiempo, y esto debe ser una consideración en el diseño.

6.7.5 Continuidad de potencia

Vea el Capítulo 5.

6.7.6 Sistema eléctrico aislado

El sistema eléctrico aislado de tierra se ha utilizado en ciertas áreas del hospital durante muchos años. Se ha utilizado para anestesiarse lugares desde 1948.

El término sistema eléctrico aislado se usa normalmente para un sistema de distribución eléctrica sin conexión a tierra que incluye (o comprende) todo el equipo necesario como se especifica en NFPA 99 (Edición 1996) y en el NEC o NOM-001-SEDE (Artículo 517). Este sistema incluye el transformador de aislamiento blindado, MAL (ver 6.7.9), interruptores y los receptáculos de fuerza necesarios y el equipo de puesta a tierra asociado. Es responsabilidad del ingeniero de diseño eléctrico especificar cada uno de los componentes necesarios para establecer el sistema total.

Siempre existía la posibilidad de seleccionar componentes incompatibles y la mano de obra para instalar componentes individuales siempre era bastante elevada. Además, la integridad del sistema total fue difícil de determinar.

A principios de la década de 1960, comenzaron a aparecer los tableros de aislamiento. Las unidades iniciales contenían el transformador de aislamiento, los interruptores y el detector de tierra. Más tarde, el MAL reemplazó el detector de tierra. En 1971, aparecieron tableros que también contenían receptáculos de fuerza, barras de tierra y receptáculos verdes de tierra redundante. La mayoría de las instalaciones actuales utilizan estos componentes. Se han establecido estándares UL para estas unidades empaquetadas (UL1047 desde 1995) y están disponibles como dispositivos registrados. El uso de estos tableros asegura al ingeniero de diseño componentes compatibles y el menor costo de instalación posible.

En los que los cambios recientes del NEC o NOM-001-SEDE [Artículo 517-19(c)(1)] y NFPA 99 se requiere 2 tableros de aislamiento en las ubicaciones de anestesia por inhalación.

Antes de 1981, se permitían 2 mA (CSA continúa con esta práctica) de flujo de corriente potencial antes de que sonara la alarma MAL. El nivel permitido hoy es de 5 mA.

El sistema eléctrico aislado también es útil cuando existen condiciones de humedad, y el equipo de soporte para la vida debe continuar funcionando en presencia de una falla a tierra, como en un quirófano de cirugía a corazón abierto. Hay otras ubicaciones en el hospital, como áreas de Unidades de Cuidados Intensivos / Unidades de Cuidados Coronarios, donde los sistemas eléctricos aislados se consideran forzados y se exigen el uso de sistemas eléctricos aislados por cada cama en las áreas de Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) / Unidades de Cuidados Coronarios (UCC). Es responsabilidad del ingeniero de diseño eléctrico señalar al hospital dónde se deben usar los sistemas eléctricos aislados y cómo el uso de estos sistemas podría beneficiar al hospital y al paciente.

Los beneficios derivados del sistema eléctrico aislado de tierra son los siguientes:

1. a) Limita la cantidad de corriente que puede fluir a tierra a través de cualquier falla de línea a tierra que pueda ocurrir en el sistema. Para todos los propósitos prácticos, esto elimina el peligro de descargas eléctricas masivas (macroshock) para los pacientes o el personal como resultado de este tipo de falla. También elimina prácticamente la posibilidad de que se produzcan arcos de alta energía como resultado de este tipo de fallas y, por lo tanto, brinda protección contra la ignición accidental de materiales explosivos o combustibles que se estén utilizando en el área. Esta característica del sistema de distribución eléctrica sin conexión a tierra permite que los conductores de conexión a tierra típicos y de tamaño práctico protejan eficazmente incluso a aquellos pacientes que podrían verse afectados por cantidades muy pequeñas de corriente eléctrica. El

equipo de monitorización de pacientes aislados internamente también añade un gran factor de seguridad.

1. b) En un sistema de distribución aterrizado, una falla de línea a tierra en el sistema activará el dispositivo de protección contra sobrecorriente e interrumpirá la alimentación al dispositivo o al área. En la mayoría de los casos, esta es una característica muy deseable. Sin embargo, en cualquier área hospitalaria donde se utilicen equipos de soporte para la vida, esta pérdida de energía puede crear un peligro de soporte vital. El sistema de distribución eléctrica sin conexión a tierra responde de manera muy diferente a una falla de línea a tierra. Con este sistema, la falla no representa un peligro inmediato para el paciente o el personal y no se interrumpe la energía. Solo se emite una advertencia visual y sonora. En cualquier caso, el dispositivo en el que se produjo la falla seguirá funcionando y se puede utilizar de forma segura hasta que se disponga de equipo de repuesto.

Sin interrumpir la energía, el MAL del sistema de energía aislado advierte de una falla potencial del equipo conectado al sistema, siempre que el equipo tenga continuidad a tierra. Cuando suena la alarma, el sistema sigue siendo más seguro que si se utilizara en primer lugar un sistema convencional con conexión a tierra. Cualquier corriente que fluiría sería menor que si uno de los conductores estuviera sólidamente conectado a tierra, como es el caso del sistema eléctrico convencional de 120 V conectado a tierra. El Monitor de Aislamiento de Línea (MAL) usado con el sistema eléctrico aislado es el único dispositivo conectado al sistema que monitorea continuamente (activa las alarmas cuando es necesario) la integridad del cableado de la habitación y el equipo conectado al sistema.

La alternativa son las pruebas de laboratorio frecuentes del equipo, pero no hay garantía de que el equipo no se haya degradado o defectuoso entre los períodos de prueba. La integridad del equipo y la integridad del conductor de puesta a tierra son especialmente importantes para los sistemas de soporte para la vida.

Las lecturas de MAL periódicas pueden proporcionar un registro continuo del sistema y su funcionamiento. El MAL es un costo adicional de una sola vez en comparación con el costo continuo de verificar periódicamente el sistema y el equipo. Con el monitoreo continuo, el personal de ingeniería del hospital se mantiene alerta para mantener el equipo en excelentes condiciones de funcionamiento para que el LIM no entre en una condición de alarma. El sistema de energía aislado le da al cirujano, u otros usuarios del equipo eléctrico, protección contra macroschock, lo mismo que si estuvieran utilizando herramientas de doble aislamiento o que funcionan con baterías.

Se debe enfatizar que un sistema eléctrico aislado generalmente proporciona una advertencia temprana de que un aparato tiene una falla de línea a tierra. Las fallas que ocurren dentro de los aparatos pueden ser el resultado de un aislamiento o componentes que se degradan lentamente. Cuando la fuga potencial causada por estas condiciones aumenta más allá de los límites establecidos para el sistema eléctrico aislado de tierra, sonará una alarma para activar la acción de mantenimiento preventivo. Esta característica es de gran valor incluso para las instituciones que cuentan con sofisticados programas de mantenimiento preventivo para sus electrodomésticos y equipos. Aunque un aparato se revisa mensualmente, no hay garantía de que la degradación de la unidad no sea excesiva al día siguiente de haber recibido su verificación mensual.

Los radiólogos y patólogos a veces usaban energía aislada para escáneres de tomografía asistida por computadora (C.A.T., o simplemente, TC) y analizadores multicanal para proteger los dispositivos de transitorios. A medida que las áreas de atención al paciente se llenan de chips de computadora, esta puede ser la tendencia. La atenuación del transformador de aislamiento blindado normalmente

6.7.8 Limitaciones

El sistema de distribución aislado tiene algunas limitaciones como sigue:

1. a) Si se pierde la continuidad de tierra del MAL, la corriente de peligro total no se monitorea en el MAL y esto podría dar una falsa sensación de seguridad.

1. b) Si bien las posibilidades de microshock se reducen con un sistema de distribución aislado, el nivel de alarma de corriente de peligro del monitor de aislamiento de línea de 5 mA (así como el nivel anterior de 2 mA) sigue siendo demasiado alto para prevenir completamente los niveles de corriente de microshock. En algunas circunstancias, un paciente cateterizado podría ser sometido a microshock.

1. c) Las condiciones de corriente de alto riesgo pueden generar alarmas que pueden resultar molestas durante los procedimientos operativos normales.

Aunque el MAL no descubrirá todos los posibles defectos de la instrumentación conectada al MAL (como cables de tierra del equipo rotos), sonará una alarma cuando se encuentren corrientes de peligro por encima de los valores permitidos por NEC (NOM-001-SEDE). Si bien algunos empleados del hospital pueden considerar esta alarma como una molestia, el MAL es un medio para predecir la cantidad de corriente peligrosa que podría ser dañina.

Para eliminar algunas de las llamadas “alarmas molestas”, se cambiaron el NEC (NOM-001-SEDE) y NFPA 99 para permitir un nivel de alarma MAL de 5 mA en lugar del nivel de alarma de 2 mA anterior. El nivel de alarma de 5 mA permite que se conecten más equipos al sistema de distribución aislado sin causar una “alarma molesta”. Sin embargo, el nivel de alarma MAL de 5 mA no proporciona el mismo nivel de protección contra descargas que el nivel de alarma MAL de 2 mA.

6.7.9 Monitor de aislamiento de línea (MAL)



El MAL es un dispositivo de medición de impedancia que se utiliza con sistemas de energía aislados que hará sonar una alarma audible y dará una advertencia visual cuando la impedancia de línea a tierra del sistema se haya degradado hasta el punto en que la corriente fluya desde cualquiera de los conductores de energía hacia puesta a tierra durante una falla a tierra que exceda los límites establecidos por las normas.

Todos los MAL deben proporcionar un medidor que predice continuamente cuánta corriente fluirá a través de una falla a tierra en caso de que ocurra. Se debe señalar cuidadosamente al personal del hospital que el medidor no indica la corriente que está fluyendo, sino que predice la corriente que fluirá si se produce una falla a tierra.

Todos los MAL deben proporcionar un medio para silenciar la alarma audible en el área de uso para que no distraiga la atención del personal médico del procedimiento que se está realizando en ese momento en particular. Los estándares sí permiten que cualquier procedimiento médico que se realice en el momento en que suene la alarma pueda completarse antes de que se deban realizar los servicios para eliminar la falla en el sistema sin conexión a tierra como lo indica el MAL. No se deben iniciar nuevos procedimientos hasta que el departamento de ingeniería o mantenimiento de la instalación hospitalaria haya localizado y corregido el problema y haya documentado adecuadamente dicha acción.

La corriente de peligro del monitor es la medida de la degradación del sistema aislado causada por la conexión del MAL al sistema. Cuando un MAL de nivel de disparo de 2 mA está conectado a un sistema perfectamente sin conexión a tierra, y si la cantidad de corriente que fluirá después de la conexión de una línea a tierra es de 25 μ A, entonces se dice que la corriente de peligro del monitor es de 25 μ A. Un MAL de nivel de disparo de 5 mA tendría una corriente de peligro del monitor de aproximadamente 50 μ A.

Los MAL cuentan con un medio para probar su función. Esto se logra mediante un interruptor de prueba que, cuando se energiza, colocará una falla simulada u otra prueba en el MAL suficiente para provocar una alarma cuando se opere a -15% o $+10\%$ del voltaje nominal. Esta prueba verifica el funcionamiento correcto del MAL y sus alarmas asociadas, pero no verifica el funcionamiento del sistema eléctrico total sin conexión a tierra. Después de la instalación, el sistema se puede probar a fondo aplicando fallas de prueba en las salidas. Posteriormente, se debe realizar un mínimo de una prueba anual similar. La función MAL debe probarse mensualmente según la NFPA99. Cuando está en modo de prueba, la conexión a tierra al MAL se desconecta automáticamente para no causar una "segunda falla" en el sistema y posiblemente poner en peligro a los pacientes o al personal. en el área donde se realiza la prueba. Todas las pruebas deben realizarse sólo cuando el sistema no esté en uso.

La prueba de función MAL no es un medio de verificar la calibración del MAL. Dado que la mayoría de los MAL son básicamente analizadores de red complejos que involucran soluciones de ecuaciones de red muy complejas, es deseable que todas las calibraciones se realicen en la fábrica donde se dispone de equipos de prueba adecuados y adecuados.

6.7.10 Interpretación del monitor de aislamiento MAL

En un quirófano, una lectura MAL de 2 mA significa que la impedancia de una línea a tierra se ha deteriorado a 60,000 Ohms en un sistema de 120 V y probablemente se tomará la decisión de continuar con el procedimiento quirúrgico. Una vez que se ha completado el procedimiento quirúrgico, se debe examinar el equipo enchufado y corregir la falla lo antes posible.

Si el indicador del medidor muestra una deflexión a gran escala, lo que indica una condición de peligro grave, indica que una de las líneas tiene un cortocircuito a tierra o podría ser causado por una combinación de corrientes de alta fuga de varios instrumentos. El sistema aislado se acerca a un sistema conectado a tierra. Esto podría crear un grave peligro de descarga eléctrica tanto para el paciente como para el personal en caso de que ocurra una segunda falla. La primera falla debe localizarse y corregirse al menos antes de iniciar otra operación quirúrgica. La corriente total de paso del disyuntor podría fluir si se hace algún contacto con un conductor vivo (sin cortocircuito).

Debido a las razones mencionadas, el medidor MAL debe estar en un lugar claramente visible: en el quirófano. Se proveerán medios para silenciar convenientemente la alarma audible.

Una analogía similar se aplica al MAL de 5 mA, con la excepción de que cuando el medidor lee 5 mA, la impedancia de una línea a tierra se ha deteriorado a 24 000 Ohms en el sistema de 120 V.

