

# Por qué elegir un monitor por impedancia en líneas aisladas hospitalarias

Descripción y argumentación acerca de la importancia del uso de monitores por impedancia en Salas del grupo de aplicación 2, de líneas aisladas hospitalarias.



Ing. Erardo Bozzano  
Servelec SRL  
[www.servelec.com.ar](http://www.servelec.com.ar)

## El ámbito hospitalario

En el ámbito hospitalario, el desarrollo tecnológico ha dado lugar a la aparición de una gran cantidad de equipos electromédicos (EEM, [1]) que se aplican a la atención de pacientes. Esto ha permitido una mejora en los tratamientos, pero a su vez también ha traído como consecuencia un aumento del riesgo de accidente por descarga eléctrica.

Estos accidentes eléctricos pueden ocurrir y ocurren en todos los ámbitos donde nos desenvolvemos: en el ámbito domiciliario, laboral y en el público; pero son particularmente más riesgosos en ciertos ámbitos donde existen causas concurrentes que hacen que estos accidentes puedan ser más frecuentes y letales.

¿Cuáles serían estas causas concurrentes? Por un lado, el incremento en la utilización de equipos electromédicos para la atención de pacientes, conectados a la red eléctrica. Esto es aún más peligroso si se trata de procedimientos de tipo invasivo con partes del EEM dentro del torrente sanguíneo, ya que allí, corrientes eléctricas de muy pequeña magnitud pueden tener consecuencias fatales para el paciente.

Además, en algunas salas del ámbito hospitalario, la presencia de líquidos fisiológicos tales como soluciones salinas, sangre u orina, que pudieran caer y penetrar por accidente sobre estos EEM, dará lugar a la aparición de corrientes de fuga desde las partes activas de estos aparatos hacia su masa, o sea, hacia su cobertura, hacia sus partes accesibles, incrementando de este modo la posibilidad de un accidente por descarga eléctrica.

También en estas salas del ámbito hospitalario, el paciente se encuentra disminuido en sus funciones vitales. En algunos casos, está dormido, anestesiado o en coma, y no puede dar alarma de que algo perjudicial está sucediendo en su cuerpo, que está recibiendo una descarga eléctrica.

Este incremento de las posibilidades de aparición de accidentes de tipo eléctrico en el ámbito hospitalario lleva a que en algunas salas de atención médica se tomen medidas especiales respecto a la distribución de la energía eléctrica para garantizar la seguridad de los pacientes y del personal médico.

La Reglamentación para la ejecución de las instalaciones eléctricas en inmuebles, AEA 90364; en su sección 7-710, define y exige medidas de protección especiales para las salas de uso médico, y las caracteriza y divide en tres tipos de salas: salas del grupo de aplicación 0, 1 y 2. Esta clasificación tiene en cuenta la criticidad de un posible accidente eléctrico, como así también la de un corte en el suministro de energía eléctrica a la sala.

---

*Este incremento de las posibilidades de aparición de accidentes de tipo eléctrico en el ámbito hospitalario lleva a que en algunas salas de atención médica se tomen medidas especiales respecto a la distribución de la energía eléctrica*

---

Y nos vamos a referir específicamente a las salas del grupo de aplicación 2. Son salas para uso médico donde el paciente toma contacto con partes de aplicación de EEM conectados a la red, que se utilizan para intervenciones quirúrgicas, tratamientos o para mediciones corpóreas de interés vital.

La discontinuidad del suministro eléctrico representa un serio riesgo para la seguridad del paciente, ya que puede estar dependiendo de máquinas que lo asisten y mantienen con vida. Por lo que, por ejemplo, en estas salas, no se permite la desconexión automática del suministro eléctrico ante la aparición del primer fallo a tierra.

Las razones antes expuestas, más la necesidad de prevenir los riesgos de incendio y explosión, obligan a que en estos recintos hospitalarios, las

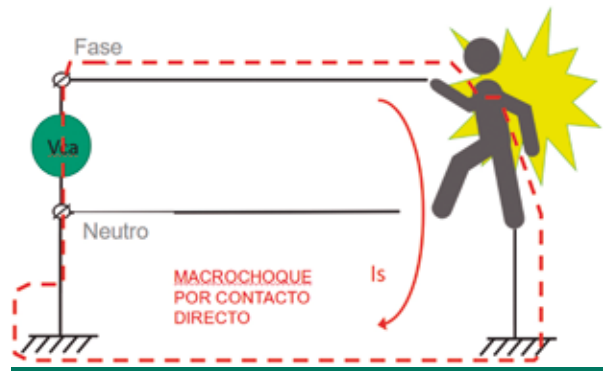


Figura 1. Macrochoque por contacto directo



Figura 2. Macrochoque por contacto indirecto

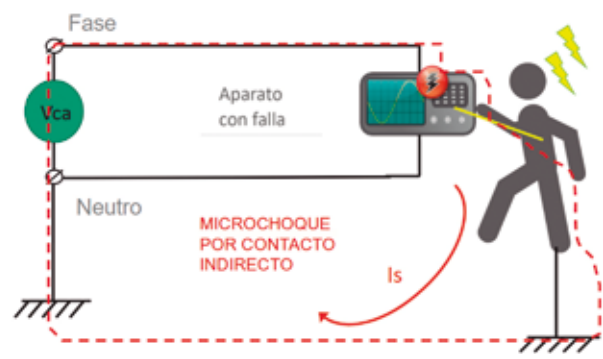


Figura 3. Microchoque por contacto indirecto

salas del grupo de aplicación 2, el suministro de energía eléctrica se realice por medio de un sistema aislado, llamado “red IT”.

Ejemplos de estas salas en hospitales, clínicas o sanatorios son los quirófanos, las salas de cuidados intensivos e intermedios, shock rooms, unidades coronarias, salas para diagnósticos y tratamientos invasivos, etc.

*La discontinuidad del suministro eléctrico representa un serio riesgo para la seguridad del paciente, ya que puede estar dependiendo de máquinas que lo asisten y mantienen con vida.*

### Monitoreo de la red IT

En una red convencional monofásica de baja tensión, la distribución de la energía eléctrica se desarrolla por medio de dos conductores, uno activo llamado “fase” y uno pasivo conectado a tierra llamado “neutro”. Si se produce un contacto accidental con el conductor de fase o con una parte bajo tensión de un equipo con su aislación defectuosa, estamos en presencia situaciones de macro- [2] o de microchoque [3] eléctrico. (Ver figuras 1, 2 y 3).

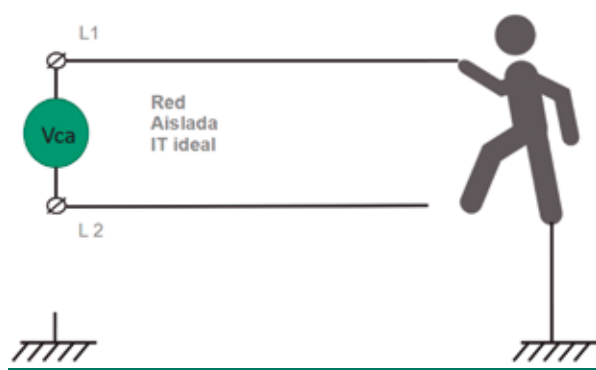


Figura 4. Red aislada IT ideal

Una red aislada IT ideal es aquella en la que ninguno de sus conductores activos tiene conexión a tierra.

La distribución eléctrica se desarrolla por medio de dos conductores “L1” y “L2”, que presentan aislación infinita respecto a tierra. Si una persona hace contacto directo o indirecto con uno de los conductores de la red IT, por ejemplo L1, o con una parte bajo tensión de un EEM con falla de aislación, mientras que con otra parte de su cuerpo hace contacto a tierra, no se produce el accidente eléctrico, ya que es imposible cerrar el circuito sobre el otro conductor porque este no está conectado a tierra. (Ver figuras 4 y 5).

De una manera muy resumida, podemos decir, entonces, que una red IT ideal evita la aparición de un macrochoque o un microchoque como producto de un accidente eléctrico.

Pero en una red IT real, los conductores L1 y L2 presentan normalmente fugas no deseadas a tierra, generadas por las llamadas impedancias de fuga parásitas a tierra. Si ahora consideramos el caso real de un contacto directo o indirecto con uno de los conductores de una red IT, o con una parte bajo tensión de un EEM con falla de aislación, podemos observar que se instala una corriente eléctrica que atraviesa el cuerpo de la persona y se cierra a través de la impedancia de fuga a tierra ZF del otro conductor. (Ver la figura 6).

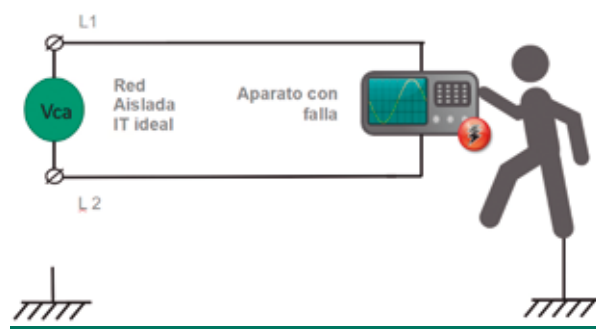


Figura 5. Caso de aparato con falla en una red aislada IT ideal

Por lo que ahora es posible la aparición de un macro- o microchoque, producto de un accidente eléctrico.

Para minimizar estas corrientes, es necesario mantener en valores elevados estas impedancias de fuga y controlarlas por medio de un monitoreo permanente. Esta es la tarea del monitor de aislación para redes IT.

---

*Una red aislada IT ideal es aquella en la que ninguno de sus conductores activos tiene conexión a tierra.*

---

## ¿Monitoreo por impedancia o resistivo?

Las impedancias parásitas de fuga a tierra pueden ser de tipo resistivas, capacitivas o una combinación de ambas.

Existen distintos modelos de monitores de aislación de uso médico, pero nos interesa reconocer fundamentalmente dos tipos principales, cuya diferencia radica en el tipo de corrientes de fuga que pueden detectar. Así es que tenemos monitores de vigilancia por medición de resistencia MdAR y monitores de vigilancia por medición de impedancia MdAZ.

Los primeros, como su nombre lo indica, solo pueden detectar corrientes de fuga provenientes de impedancias de fuga a tierra de tipo resistivas, y la informan en valores de kiloohms. Mientras que los segundos detectan corrientes de fuga a tierra provenientes de impedancias de tipo resistivas y de tipo capacitivas, y las informan mediante el valor de la THC (del inglés, Total Hazard Current) en miliamperes. La THC es la corriente de fuga total que se produciría ante la puesta a tierra de uno de los conductores de la red aislada. Esta corriente de falla THC resume tanto las pérdidas resistivas como capacitivas de toda la red.

En una red IT sin EEM conectados, las pérdidas resistivas se originan por la degradación de las aislaciones y, por lo tanto, se incrementan según pasan los años, mientras que las capacitivas se mantienen constantes siempre que el tendido de la red IT no se modifique. En este caso, y para mantener controladas las fugas a tierra, bastaría con una medición anual de la capacitancia distribuida de la red IT para verificar que las fugas capacitivas se mantienen en un valor acotado (menor a 15nF según AEA 90364-7-710) y monitorear de manera permanente las fugas de origen resistivo por medio de un MdAR.

Pero realmente, una red IT siempre tiene conectados EEM, ya que estos son los que permiten los tratamientos sobre los pacientes, y la cantidad no permanece constante y varía según las necesidades del establecimiento médico. De modo que ya no se puede establecer que las pérdidas capacitivas se mantienen constantes, sino más bien, podemos asegurar que debido a la conexión y desconexión permanente de EEM sobre la red aislada, estas pérdidas capacitivas varían significativamente.

Todos los EEM presentan pérdidas de fuga a tierra resistivas y capacitivas del lado de la red, ya que estas son inherentes al uso de conductores y piezas eléctricas recorridos por una corriente alternada. Estas impedancias de fuga a tierra son objeto de mediciones y ensayos rigurosos de

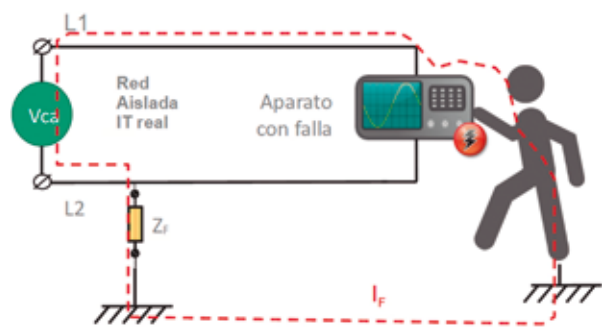


Figura 6. Caso falla en una red aislada IT ideal: se instala una corriente eléctrica que atraviesa el cuerpo de la persona y se cierra a través de la impedancia de fuga a tierra ZF.

acuerdo a lo establecido por la Norma IEC 60601 referida a la seguridad eléctrica y funcional de equipos de uso médico. Allí están claramente establecidos los valores máximos de las corrientes de fuga a tierra del lado de la red. Pero cada vez que se conecta un EEM a la red aislada IT, se incorpora una pérdida capacitiva de tipo farádica que se suma a las existentes de la propia red, provocando cambios en la impedancia de fuga a tierra. Además el incremento de las fugas a tierra capacitivas por deterioro o mal funcionamiento del EEM, disminuye la impedancia de fuga a tierra de la red.

---

*Debido a la conexión y desconexión permanente de EEM sobre la red aislada, estas pérdidas capacitivas varían significativamente.*

---

Pero existe en la práctica un peligro aún mayor. Si bien sobre una red IT de uso médico solo se deben conectar equipos electromédicos, que han sido como dijimos severamente controlados en sus pérdidas a tierra desde el lado de la red; la realidad nos dice que ya sea por descuido, negligencia o desconocimiento, es usual que se conecten a la línea aislada otros equipos que responden a otras normas de producto, ya sea industriales o domésticos. Estos equipos presentan pérdidas de fuga a tierra mucho mayores a las permitidas en los EEM, y en su mayor parte son de tipo capacitivas.

Estos cambios no son apreciados por monitores resistivos por lo que en salas del grupo de aplicación 2, donde existe elevada posibilidad de accidentes eléctricos por macro- y microchoque, el uso de este tipo de monitores representa un serio peligro para los pacientes y el personal médico.

Solo un monitor de aislación por impedancia con indicación de la corriente total de fuga en miliamperios puede otorgar seguridad en la tarea de vigilar permanentemente las pérdidas de

una red IT real con EEM conectados, y anunciar con una alarma cuando estas pérdidas superan los valores máximos establecidos en la norma de referencia.

Los miliamperes de corriente eléctrica en un macrochoque, o los microamperes en un microchoque, que atraviesan el cuerpo de una persona y lo ponen en peligro de muerte no diferencian si provienen de una fuga resistiva o de una capacitiva o de una impedancia compleja.

Solo monitores por impedancia con indicación de THC en miliamperes previenen estas situaciones de elevadísimo riesgo para la seguridad de los pacientes, las personas y el personal en instalaciones de uso médico, ya que monitorean de manera permanente el estado de las aislaciones a tierra de la red IT y de todos los equipos conectados a ella. ■

---

*Solo un monitor de aislación por impedancia con indicación de la corriente total de fuga en miliamperios puede otorgar seguridad en la tarea de vigilar permanentemente las pérdidas de una red IT real con EEM conectados*

---

#### Referencias

- [1] Equipo electromédico certificado bajo Norma IEC 60601.
- [2] Macrochoque eléctrico. Choque eléctrico accidental al que podría quedar expuesto una persona que tome contacto externo a piel intacta, directo o indirecto, con un elemento bajo tensión.
- [3] Microchoque eléctrico. Choque eléctrico accidental al que podría quedar expuesto una persona cuando, por la práctica médica, se accede al interior del cuerpo mediante dispositivos conductores de la corriente eléctrica (catéter) que pueden alojarse próximos o, inclusive, tomar contacto con el corazón.