

ESTUDIO DE CASO

MÁS QUE RESPALDO:
CALIDAD DE ENERGÍA PARA EQUIPOS DE IMAGENOLOGÍA MÉDICA

INTRODUCCIÓN

Los equipos médicos modernos integran electrónica de potencia, procesamiento digital y componentes sensibles que requieren condiciones específicas de alimentación de energía. Por ejemplo, en equipos como tomógrafos y resonadores magnéticos, los fabricantes establecen parámetros definidos de tensión, impedancia de entrada, distorsión armónica y capacidad de potencia, cuyo cumplimiento es fundamental para garantizar un funcionamiento adecuado.

Sin embargo, la red de distribución eléctrica puede estar expuesta a perturbaciones como variaciones de tensión, transitorios, interrupciones y otros eventos que pueden afectar la calidad y continuidad del suministro. Cuando estás condiciones se encuentran fuera de los límites establecidos por el fabricante, los equipos de imagenología médica, pueden presentar reinicios inesperados, errores de operación, perdida de información y daño en sus componentes internos. En Bolivia, la demanda de estos servicios también evidencia la importancia de contar con una infraestructura confiable. Como referencia solo la Caja de Salud de la Banca Privada registró durante 2025, más de 97000 estudios, entre rayos X, tomografía y resonancia magnética

1. EQUIPOS MÉDICOS: UNA CARGA EXIGENTE

Desde el punto de vista eléctrico, los equipos de imagenología médica, no se comportan como cargas convencionales. Durante su funcionamiento pueden presentar picos elevados de corriente, generar desequilibrios entre fases y presentar un contenido armónico significativo. Por ello es fundamental considerar cuidadosamente las características de la fuente de energía que los alimenta

Equipos	Características eléctricas de la carga	Características de la fuente de alimentación
Rayos X	Alta potencia durante la exposición y cambios bruscos de carga.	Baja impedancia, tensión regulada y capacidad para responder a picos de potencia.
Tomógrafo (CT/ TAC)	Picos elevados de corriente, carga dinámica y generación de armónicos.	Alta capacidad transitoria, tensión estable, y buen desempeño con cargas no lineales.
Resonador magnético (MRI/ RM)	Carga dinámica, con variaciones de potencia durante la adquisición y electrónica sensible.	Tensión estable, bajo THD, capacidad para alimentar cargas dinámicas.
Angiógrafo	Alta demanda instantánea, corrientes asimétricas y variaciones de carga.	Fuente rígida y de baja impedancia, capaz de soportar picos sin perder estabilidad.
Acelerador Lineal	Electrónica compleja y sensible a variaciones de tensión, carga no línea e inductiva.	Baja impedancia, tensión regulada, capaz de soportar cargas no lineales y transitorios.

Tabla 1. Características eléctricas de equipos médicos

La tabla 1, resume las principales características eléctricas de los equipos de imagenología médica más utilizados, cuyo comportamiento puede llegar a ocasionar perturbaciones eléctricas en la instalación, entre las que destacan:

Picos de corriente

Durante la adquisición de imágenes, determinados equipos pueden presentar variaciones muy rápidas de potencia y trenes de corriente pulsante, con picos que pueden alcanzar 8 a 12 veces la corriente nominal, durante intervalos de pocos milisegundos. A comparación del arranque directo de un motor eléctrico, donde la corriente pico se establece solo al inicio, en equipos médicos de imagenología se producen trenes de pulso repetitivos, como se muestra en la figura 1.

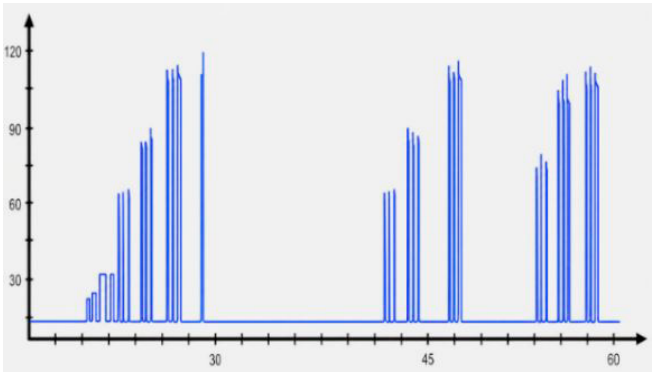


Figura 1. Picos de corriente asociados a la operación de un resonador magnético.

Corrientes Asimétricas y distorsión armónica

Los equipos de imagenología incorporan componentes electrónicos de potencia que, debido a su comportamiento no lineal, pueden absorber corrientes no sinusoidales con un importante contenido armónico. Esta distorsión puede incrementarse durante la adquisición de imágenes,

En sistemas de rayos X, tomógrafos, resonadores magnéticos y mamógrafos, pueden presentarse armónicos de corriente de 5.°, 7.°, 11.° y 13.° orden, especialmente cuando incorporan rectificadores trifásicos de seis pulsos. La presencia y magnitud de estos armónicos dependen de la configuración y del modo de operación del equipo.

Este comportamiento eléctrico es distinto al de las cargas lineales convencionales. La Figura 2 presenta una comparación entre las formas de onda de corriente de una carga resistiva trifásica y las registradas durante la adquisición de imágenes de un tomógrafo.

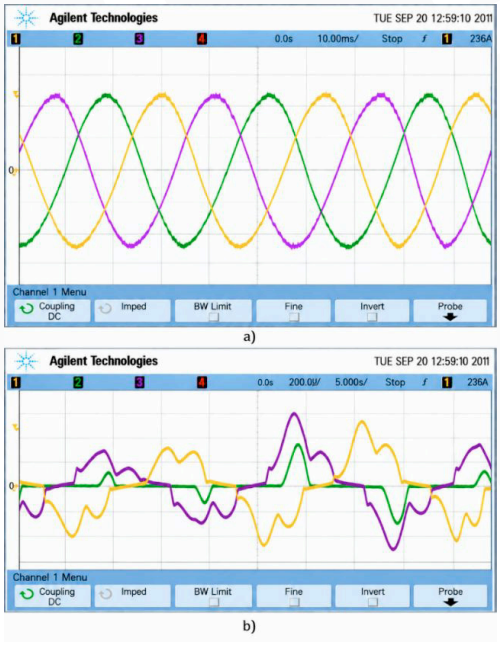


Figura 2. Comparación de formas de onda de corriente: a) Carga lineal; b) Durante el funcionamiento de un tomógrafo

Baja impedancia de la fuente de alimentación

Además de las perturbaciones eléctricas asociadas a su funcionamiento, determinados equipos médicos requieren una fuente de alimentación de baja impedancia, esto con el fin de limitar las variaciones de tensión, ante los cambios bruscos de corriente, durante su operación.

La norma IEC 60601-2-44 contempla este aspecto y establece que la impedancia de la red de alimentación debe ser suficientemente baja, de manera que no supere el valor máximo indicado por el fabricante, considerando la caída de de tensión que se produce cuando circula la corriente.

2. CONTINUIDAD DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO EN INSTALACIONES HOSPITALARIAS

Además de los equipos de imagenología, los centros de salud cuentan con otras cargas eléctricas que requieren un suministro continuo y confiable.

Entre ellas se encuentran los equipos de laboratorio clínico, los sistemas de monitoreo de pacientes, los dispositivos de diagnóstico, la infraestructura informática hospitalaria y determinados sistemas de soporte y climatización.

Una interrupción del suministro o una perturbación eléctrica puede afectar su funcionamiento, comprometer la disponibilidad de los servicios y, en aplicaciones críticas, poner en riesgo la seguridad del paciente.

En Bolivia, la norma NB 777-3:2024, clasifica las salas hospitalarias en tres grupos de aplicación (0, 1 y 2), según el tipo de atención médica y la utilización de equipos electromédicos. Asimismo, establece determinadas condiciones para el suministro eléctrico de emergencia, considerando los tiempos de conmutación y las necesidades de cada aplicación.

También contempla criterios de calidad de tensión y frecuencia, comportamiento ante cargas desequilibradas, supresión de interferencias y contenido armónico de las fuentes de emergencia.

Estas condiciones ponen en evidencia la necesidad de contar con sistemas de respaldo y protección eléctrica, tanto en hospitales como en clínicas, centros de diagnóstico por imágenes y otros establecimientos de salud que utilizan equipos médicos sensibles y de alto valor.

3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA UPS

En primera instancia, incorporar un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) parece ser una de las soluciones más directas para mejorar la continuidad y calidad del suministro eléctrico. Sin embargo, su selección no debe basarse únicamente en dimensionar la potencia nominal y el tiempo de autonomía. En aplicaciones médicas de alta exigencia, también es necesario evaluar factores adicionales como, por ejemplo, la capacidad de respuesta ante picos de corriente, cargas pulsantes y no lineales, capacidad de sobrecarga, la regulación de tensión y la impedancia de salida del UPS.

¿Por qué un UPS convencional puede no ser suficiente?

Las principales limitaciones pueden presentarse cuando las demandas de corriente del equipo médico superan la capacidad de respuesta del inversor o los límites establecidos por sus protecciones.

Por ejemplo, un UPS convencional puede confundir los picos de corriente con una condición de cortocircuito, provocando en el mejor de los casos que cambie o modo bypass, dejando temporalmente al equipo expuesto a la red. Y en el peor escenario generar daños en los componentes internos del UPS,

La asimetría de la corriente consumida, representa otra exigencia importante. Cuando la fuente (UPS) tiene una impedancia elevada, estas corrientes pueden traducirse en desequilibrios y distorsiones de tensión, que no solo afectarían al equipo médico, sino que puede propagarse a otros puntos de la instalación.

Otro aspecto importante es el comportamiento del UPS frente a cargas con elevado contenido armónico. Esta condición puede incrementar los esfuerzos eléctricos y térmicos sobre los componentes del inversor, haciendo que sea necesario aplicar factores de reducción de potencia. Por lo cual, la potencia nominal del UPS no siempre representa su capacidad efectiva.

Parámetro	UPS convencional	UPS para aplicación médica
Potencia Nominal	Fundamental	Fundamental
Tiempo de autonomía	Fundamental	Fundamental
Capacidad ante picos de repetitivos de corriente	Según la carga	Crítica
Capacidad de sobrecarga	Importante	Crítica
Baja impedancia de salida	No tan importante	Crítica

Parámetro	UPS convencional	UPS para aplicación médica
Compatibilidad con cargas no lineales	Según la carga	Crítica
Regulación y distorsión armónica	Importante	Crítica
Compatibilidad con grupos electrógenos	Según la instalación	Crítica

Tabla 2. Importancia de parámetros a considerar en la selección de un UPS

4. SOLUCIÓN UPS PARA CARGAS MÉDICAS CRÍTICA

Entonces, en resumen, una UPS para aplicaciones médicas, debe ir más allá de proporcionar autonomía ante un corte de energía, debe ser, además, capaz de:

- Soportar picos de corriente elevados
- Mantener una baja impedancia de salida
- Alimentar cargas no lineales y con alto contenido armónico.
- Filtrar armónicos
- Mantener una tensión estable ante variaciones rápidas de carga.
- Tener una baja impedancia de salida.

Socomec Masterys GP4 HC

Con más de 100 años de trayectoria, SOCOMEC se ha consolidado como líder especializado en aplicaciones de energía crítica, con amplia experiencia en soluciones para industria, centros de datos, infraestructura crítica y sector salud.



Figura 3. Familia Masterys GP4 de Socomec

La familia Green Power, comprende UPS con potencias disponibles desde 10 a 250 KVA. Y utiliza una tecnología de conversión de tres niveles, lo que permite implementar un inversor y rectificador más robustos, soportando de mejor manera los picos elevados de corriente y los armónicos de la carga.

Además, Socomec emplea un sistema de control PWM que se adapta constantemente a la corriente requerida por la carga, garantizando una baja impedancia de salida entre 10 a 20 [mΩ], cinco veces inferior al máximo recomendado por los principales fabricantes de equipos de imagenología médica.

Dentro de esta gama el modelo HC fue diseñado específicamente para aplicaciones de imagenología médica y ha sido integrado por las principales marcas de equipos médicos a nivel mundial como General Electric Health, Philips Medical y Siemens.

Su diseño incorpora características orientadas a mejorar la eficiencia, confiabilidad y continuidad del suministro eléctrico, entre las que destacan:

- Tecnología de doble conversión
- Factor de potencia de salida igual a 1
- Compatible con baterías de Ion litio, Niquel-Cadmio y VRLA.
- Capacidad de soportar trenes de pulsos de corriente.
- Capacidad de trabajar con cargas no lineales.
- Baja impedancia de salida.
- Doble entrada de red
- Compatibilidad total con grupos electrógenos
- MTBF certificado de hasta 350000 horas
- Resistencia sísmica
- Protección backfeed (de retroalimentación)
- Interfaz Ethernet WEB/SNMP para la supervisión segura y apago remoto.

Estas características permiten que el UPS no solo proporcione autonomía ante interrupciones de energía, sino que también



Figura 4. Masterys GP4

contribuya a proteger tres aspectos fundamentales en el funcionamiento de los equipos de imagenología médica:

- Protección del equipo: reduce el riesgo de fallas y daños en sus componentes electrónicos.
- Protección del estudio: ayuda a evitar interrupciones durante la adquisición de imágenes.
- Protección de la operación: favorece la disponibilidad de los equipos, reduciendo los tiempos de inactividad y las pérdidas económicas asociadas.

Asimismo, su aplicación, no solo se limita a equipos de imagenología, sino que también es fundamental en laboratorios clínicos, sistemas de monitoreo, climatización de áreas críticas, equipamiento electrónico e infraestructura TI, donde la continuidad del suministro y protección es crítica.

CONCLUSIONES

Los equipos de imagenología médica presentan exigencias eléctricas particulares que requieren mucho más que un sistema de respaldo ante cortes de energía. Comprender su comportamiento, las condiciones de la instalación y los riesgos asociados a una alimentación inadecuada es fundamental para seleccionar una solución UPS confiable.

AMPER comprende estas exigencias y, mediante la tecnología de SOCOMEC, ofrece soluciones orientadas a proteger los equipos, preservar los estudios diagnósticos y mantener la continuidad operativa en el sector salud.

BIBLIOGRAFÍA

Socomec, “Medical Imaging - White Paper”, 2016

Caja de Salud de la Banca Privada, “Anuario 2025”, 2025.

International Electrotechnical Commission, “IEC 62040-3:2021, Uninterruptible power systems (UPS) – Part 3: Method of specifying the performance and test requirements,”, 2021

Socomec, “Masterys GP4 – Technical Data Sheet”, 2026.

Schneider Electric, “Transformation from Six-Pulse to Low Harmonic, Three-Level, Active Rectification Technologies”, 2017.

Nature Scientific Reports, “Experimental evaluation and accuracy analysis of inductive current transformers under realistic nonlinear and harmonic-rich load conditions”, 2026.

