

Sistemas de imagenología

## Resonancia magnética: los diez principales errores

Aprenda de estos errores para tener éxito en la instalación de su próximo sistema

Joel Kellogg, Octubre 2010

Cuando se planifica y se instala un sistema de imágenes por resonancia magnética (RM), hay muchos errores que se pueden cometer, los cuales podrían dar lugar a retrasos de los proyectos, gastos elevados y, en algunos casos, a un sistema que no funciona adecuadamente. En este artículo se identifican los diez errores más comunes, que dan como resultado un sitio de RM menos que óptimo.

### 1. Planificación del sitio y consultores de blindajes de radiofrecuencia

El no involucrar a un consultor de blindajes de radiofrecuencia (RF) en las etapas de planificación de un sitio de RM, a menudo puede conducir a un local que no está preparado para aceptar un escudo protector de RF, lo que ocasiona retrasos en los proyectos y costos elevados. Este consultor ayudará a determinar cómo será recibido el blindaje en un espacio primario y deberá ser capaz de suministrar orientación sobre la forma de mantener el blindaje utilizando la estructura original, especificaciones de depresión y nivelación del suelo, cómo incorporar la mecánica, incluyendo la calefacción, la ventilación y el aire acondicionado (HVAC, por su sigla en inglés: *heating, ventilating and air conditioning*), y la plomería; también sobre cómo agregar la protección magnética para la contención del campo magnético. Cuando no se tienen en cuenta estos aspectos de la instalación del blindaje de RM, puede haber demoras locativas y aumento en los costos de construcción. Típicamente, los errores más comunes, que conducen a demoras significativas y al mayor aumento en los costos, son: no preparar la depresión en el suelo apropiada para admitir el blindaje y no verificar la nivelación de esa depresión.

### 2. Instalación de equipos magnéticamente sensibles en las áreas que rodean una sala de RM

Al ubicar algunos equipos alrededor de los resonadores, puede incrementarse el costo de la instalación de la RM. Los tomógrafos (CT), los quirófanos, algunos equipos de rayos X y otros dispositivos pueden ser muy sensibles a los campos magnéticos. La FDA y otros organismos gubernamentales recomiendan restringir los campos de 5 Gauss (G) en las áreas públicas, y la mayoría de los escudos magnéticos están diseñados con ese propósito. Infortunadamente, los CT y otros equipos son sensibles a campos de 1 G y a veces de menos. Por ejemplo, algunos sistemas de angiografía demuestran ser sensibles a campos magnéticos estáticos de 0,5 G. Su colocación en proximidad cercana a uno de RM puede llevar al incremento significativo de las cantidades de blindaje magnético.

Muchas instituciones prefieren mantener todos sus equipos de imagenología en la misma zona, pero teniendo en cuenta que incluso 6 m (20 pies) de separación entre un equipo de RM y otros magnéticamente sensibles pueden reducir en forma drástica la cantidad de blindaje magnético requerido. El error más común que involucra a los equipos sensibles al magnetismo, en cercana proximidad a un resonador, es su colocación directamente por debajo de una RM, cuando un edificio tiene una altura limitada entre placa y placa. Una altura entre las placas de menos de 4 m (alrededor de 13 pies) puede resultar en un aumento significativo de los requerimientos de blindaje magnético. Por supuesto, esto depende del campo magnético fuera del imán (*fringe field*) generado por la RM que va a ser instalada.

Este problema se puede exacerbar aún más por una pobre planificación. Por ejemplo, si no se resuelve ese asunto en el momento de la construcción del edificio o de la instalación de la RM, puede ser difícil instalar el blindaje magnético, lo cual se traduce en aumento de los costos. En algunas situaciones no sólo se requerirá instalar una cantidad significativa de blindaje magnético, sino que para instalarlo, el propietario de un edificio posiblemente tendrá que reubicar los sistemas HVAC, de plomería y eléctricos. Además, puede ser necesario que el fabricante de la RM repare el imán teniendo en cuenta los efectos del acero añadido.

### 3. ¿Qué es ese estruendo?

Cuando se hace la planificación para una RM, se debe realizar una revisión del área circundante, con el fin de identificar aquellas zonas que serán sensibles al ruido. Un resonador generará grandes niveles de ruido, producido

por el aire y la estructura, dando lugar a niveles elevados de ruido en las áreas que la rodean. Es muy común encontrar que existen áreas, como oficinas, salas de lectura y de conferencias, en las zonas que rodean una RM. El ruido es un subproducto inevitable de un resonador, y lo único que se puede hacer es prever sus niveles y procurar su adecuada atenuación, para evitar conflictos con las áreas sensibles a él. Estas soluciones de reducción del ruido tienen un costo asociado, que es insignificante cuando se asume en el momento de la instalación, comparado con la necesidad de afrontarlo después de que la RM ha sido instalada.

Abordar los problemas del ruido transmitido por el aire y la estructura, después de la instalación completa de la RM, se traducirá en costos de construcción adicionales, para agregar las soluciones necesarias para la reconstrucción del edificio. Lo más probable es que los arreglos para afrontar los problemas del ruido transmitido por la estructura, después de la instalación de la RM, requieran un tiempo "muerto" y descenso en los esfuerzos realizados, con el propósito de instalar una solución para la transmisión por la estructura. Podría ser necesario que parte de la construcción se lleve a cabo en otras zonas del edificio, lo que daría lugar a un tiempo de inactividad para esas áreas. Adicionalmente, podría haber animosidad entre los diferentes grupos funcionales de una institución o entre los inquilinos de un edificio alquilado, debido a los problemas del ruido transmitido por el aire y la estructura.

#### 4. Planeación para el aquí y el ahora

Al instalar una RM, el propietario y sus agentes no solo deben pensar en la instalación actual, sino considerar lo que les gustaría hacer con ese espacio en el futuro. En particular, el propietario debe pensar si ellos van a querer actualizar ese imán en el futuro. A modo de ejemplo, al comprar un resonador de 1,5 T, deberá pensar si en el futuro van a desear o no actualizarlo a uno de 3,0 T.

Usando el ejemplo de la actualización de una RM de 1,5 T a una de 3,0 T en el futuro, el propietario podría identificar los requerimientos adicionales, para acomodarlo con la ayuda de los consultores apropiados. Un sistema de RM de 3,0 T tendrá campos fuera del imán, propiedades acústicas y requerimientos de vibración diferentes. Los asesores podrían diseñar el espacio no solo para aceptar la RM de 1,5 T, sino para aceptar en un futuro el sistema de 3,0 T, de modo que ayude a minimizar los costos de una actualización. Es decir, un consultor podría diseñar el blindaje magnético que contenga los campos magnéticos, tanto de una RM de 1,5 T como de una futura de 3,0 T. Este blindaje se podría colocar en el momento de la instalación del sistema de 1,5 T. Aunque se produciría algún aumento en los costos de los materiales y de la instalación al emplazar el sistema de 1,5 T, el propietario podría evitar los costos agregados de construcción que se asocian a la demolición del espacio para incorporar el blindaje adicional en el futuro. También limitaría el tiempo de inactividad de la RM, asociado con el trabajo de construcción adicional para actualizarla. Por último, el blindaje magnético utiliza acero, un producto que se espera seguirá aumentando de valor, lo que en el futuro se traduciría en un mayor costo del material.

#### 5. Diseño de un espacio mecánico en proximidad cercana a una RM

A menudo se diseña un espacio alrededor de una RM con la preocupación de cómo el sistema afectará el entorno circundante, pero se olvida que esta puede verse afectada en forma negativa por las vibraciones mecánicas y las interferencias electromagnéticas (IEM) generadas por el espacio mecánico y eléctrico. No es raro ver un plano de construcción en el que se coloca una RM cerca, por encima o por debajo, de una sala de máquinas o de una bóveda eléctrica. La mayoría de las construcciones nuevas incluirán almohadillas aisladas y/o aislantes de resorte para los equipos mecánicos, pero esto no garantiza que las vibraciones van a reducirse siempre para cumplir con las especificaciones de vibración de la RM. Más aún, el empleo de blindaje de IEM CA en las bóvedas eléctricas no es tan común, lo cual significa que la mayoría de los diseñadores no investigan el posible problema en la etapa de diseño.

A pesar de que se pueden hacer y se hacen muchas cosas para limitar los efectos de estas áreas, la colocación de una RM en cercana proximidad a una sala de máquinas o a una bóveda eléctrica aumentará la posible necesidad de encontrar soluciones para la vibración y la IEM, con el fin de protegerla de estos disturbios ambientales externos. Estas soluciones pueden incluir un blindaje IEM secundario, una placa aislada o algunas soluciones únicas diferentes de la IEM o la vibración, las cuales pueden ser bastante costosas e incrementar drásticamente los costos de instalación del sistema. Sin embargo, algunos edificios tienen un espacio muy limitado, y puede ser necesario instalarla en cercana proximidad a una bóveda eléctrica o una sala de máquinas. Es mejor identificar estos problemas al comienzo de un proyecto, para asegurar que el edificio incorpora todas las soluciones requeridas en el momento de su construcción o de la instalación de la RM, y evitar futuros costos adicionales para resolver un problema inadvertido de IEM o de vibración.

#### 6. No realizar estudios ambientales del sitio

La mayoría de fabricantes de RM realizarán estudios de IEM y de vibración previos a la instalación del sistema, para

confirmar que el entorno cumple con las especificaciones. En rara ocasión, el fabricante de equipos originales (OEM) puede no realizar el estudio, si cree que el sitio no tiene ningún problema ambiental. Lo que ocurre comúnmente cuando hay una RM en el lugar, es que el OEM considera que no ha experimentado problemas de imágenes en el pasado, o cuando en una inspección visual del sitio no se identificó ninguna fuente potencial de IEM o vibración. Esto podría dar como resultado un diagnóstico equivocado de las condiciones del sitio y conducir a un problema no identificado de IEM o vibración.

Cuando se identifican estos problemas después de la instalación del sistema, el OEM y el propietario tendrán que encontrar una solución, o aceptar que las aplicaciones de RM que se pueden utilizar resultarán limitadas, debido a los disturbios ambientales. De lo contrario, ambos deberán identificar y emplear una solución que se traducirá en costos adicionales, que no fueron incorporados en el presupuesto del proyecto original. Lo que probablemente incluirá el tiempo de inactividad de la RM y el costo de una solución, que en la mayoría de los casos será costosa para actualizar, además del costo por el tiempo durante el cual el sistema se encuentra fuera de servicio.

## 7. El blindaje de bajo costo hoy puede resultar significativamente costoso mañana

A menudo, los propietarios y los contratistas generales, tan solo compran el blindaje más barato disponible, lo que con frecuencia puede ocasionar muchos problemas e incremento de los costos. El blindaje es esencial para proporcionar un entorno de RF, lo que permite un óptimo desempeño de un resonador, y parece absurdo ahorrar cinco mil dólares en el blindaje cuando se gasta un millón y medio de dólares en un sistema nuevo. El blindaje debe verse en realidad como otra pieza del equipo, que debe operar en forma correcta, con el fin de garantizar que la RM funcionará adecuadamente.

Hay varios problemas que pueden ser el resultado de comprar el blindaje basándose tan solo en el costo. El contratista de blindaje puede ser inexperto y suministrar un escudo protector que no cumpla con los requerimientos necesarios o que esté plagado de fugas de RF y fallas de aislamiento a tierra. El diagnóstico y la reparación de estos problemas pueden llegar a ser bastante costosos, y resultar en costos adicionales y tiempo "muerto" del sistema. En casos extremos, los escudos protectores han sido reemplazados después de que se ha gastado más dinero y tiempo en un intento de resolver los problemas de blindaje.

Un sistema de blindaje poco costoso también limita las posibilidades de actualizaciones futuras, ya que con el tiempo no sigue funcionando bien. Un sistema de blindaje de RF fabricado adecuadamente es durable y mantiene un rendimiento que le permite al propietario actualizar el sistema de RM con modificaciones limitadas de este. El desempeño de uno barato puede ser degradado, a tal punto que se deba sustituir todo el escudo protector. Inevitablemente, esto representará más gastos y tiempo de inactividad, que hacerle algunas modificaciones a un sistema de blindaje de mayor rendimiento, para acomodar una actualización del equipo.

## 8. No presupuestar elementos de alto costo

Al presupuestar la instalación de una RM pueden existir varias incógnitas, que dan lugar a gastos omitidos. Cuando se elabora un presupuesto, no es raro que el propietario y sus agentes no sepan si se requiere un blindaje magnético, el fabricante y el modelo de RM que se va a instalar, si existe o no un problema de IEM o de vibración en el sitio que debe ser resuelto, y muchas otras circunstancias que podrían incrementar los costos de instalación del sistema. Solicitar la asistencia de consultores experimentados puede ayudar a reducir el impacto de lo desconocido sobre el desarrollo del presupuesto.

Un consultor de blindaje puede ayudar a identificar los potenciales requerimientos de blindaje magnético que podrían mejorar la exactitud de un presupuesto propuesto. De manera similar, debe ser capaz de ayudar a identificar los posibles problemas de IEM y los costos requeridos para resolverlos. Los consultores de vibración pueden revisar un sitio propuesto y determinar la posibilidad de que se produzca un problema de vibración; también podrán identificar y desarrollar soluciones, y detectar el impacto del costo en el proyecto.

Los factores ignorados pueden dificultar el desarrollo de un presupuesto apropiado para la implementación exitosa de un resonador. Además, la resolución de un problema derivado de ellos puede retrasar el progreso de un proyecto o resultar en la discontinuación del mismo. Emplear los servicios de un consultor apropiado puede ayudar a asegurar que se está desarrollando un presupuesto preciso para un proyecto y proporcionar el marco para su implementación exitosa.

## 9. ¿Para qué es todo ese cobre y ese acero? Uso de contratistas sin experiencia

Usar contratistas sin experiencia puede resultar en algunos daños muy costosos. Se ha tenido conocimiento de que

contratistas inexpertos ejecutan conexiones eléctricas a través de agujeros hechos en el blindaje, o los hacen para dejar pasar sistemas de aspersion en la sala, y utilizan atrevidamente sopletes de acetileno en un sistema de RM, lo que da como resultado la destrucción completa de este.

Los problemas sutiles a menudo pueden ser los más costosos de resolver, ya que la mayoría de las personas no observan todas las últimas acciones tomadas por un contratista. Por ejemplo, puede instalar un sensor de temperatura en una sala de RM para monitorear y controlar el sistema HVAC, para lo cual puede perforar un agujero en el blindaje e instalar el sensor, sin darse cuenta de que es necesario pasar el cableado a través de un filtro. Esto resultará en artefactos de RF presentes en las imágenes de RM. Típicamente, se llamará a un experto en blindaje para que examine el escudo protector e identifique el problema, lo que acarrea miles de dólares en gastos, para resolver un problema que pudo haberse evitado utilizando un contratista con experiencia.

Al emplear un contratista, una institución siempre debe averiguar acerca de su experiencia en sistemas de blindaje y RM. Adicionalmente, es beneficioso para una institución proporcionar algún entrenamiento básico de seguridad, y general para trabajar en el entorno de la RM.

## 10. Problemas de equipos exclusivos

Cuando se planifica una RM, se debe hacer una investigación exhaustiva del sitio existente y planeado, y esta no debe estar limitada al área circundante. Por ejemplo, Stereotaxis fabrica e instala un sistema, el Niobe, que guía magnéticamente un catéter a través del cuerpo para los procedimientos de cardiología. Esto se logra mediante el uso de grandes imanes móviles que guían el catéter. El movimiento de estos imanes podría crear problemas con las imágenes de una RM dentro de una distancia de 30 metros del Niobe. Lo que no significa que ambos equipos no pueden estar ubicadas con separaciones de menos de 30 metros, pero requerirá una planificación cuidadosa, y quizá se necesite un blindaje adicional para el Niobe y/o la RM. Al revisar los planos de diseño del sitio en varias instituciones durante los últimos años, se ha encontrado que muchos propietarios y sus agentes planifican una RM y un sistema Niobe en una proximidad demasiado cercana. Ha habido muchos casos en los que el plan era ubicar una RM directamente por encima o por debajo del Niobe. Esto habría llevado a un escenario en el que el blindaje sería muy costoso y habría sido imposible de resolver. Por fortuna, muchas de estas situaciones se observaron en las primeras etapas de planificación, y fueron resueltas al cambiar la disposición de los equipos para acomodar tanto la RM como el Niobe.

## Conclusión

Este artículo presenta algunos de los errores más frecuentes que se cometen cuando se instala un sistema de RM, los cuales pueden ser costosos de resolver y conducir a la utilidad limitada del sistema. Como sucede con muchas cosas, sufragar algunos gastos al comienzo puede traducirse en un sitio de RM bien implementado y de alta calidad, que mantiene su utilidad durante muchos años y a través de actualizaciones de los equipos.