

**SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES  
SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS**

**SEMINARIO  
DESASTRES SISMICOS EN GRANDES CIUDADES  
"Enseñanzas en Mitigación y Operativos de Emergencia"**

**"VULNERABILIDAD FISICA Y FUNCIONAL DE HOSPITALES  
LOCALIZADOS EN ZONAS DE RIESGO SISMICO"**

**UNIVERSIDAD DE MISSOURI  
David Stewart  
Director  
Centro de Estudios Sísmicos  
Cape Girardeau, Missouri  
Estados Unidos.**

## VULNERABILIDAD FISICA Y FUNCIONAL DE HOSPITALES LOCALIZADOS EN ZONAS DE RIESGO SISMICO

David Stewart, Director  
Centro de Estudios Sísmicos Universidad de Missouri  
Cape Girardeau, Estados Unidos.

Las funciones que cumplen los hospitales deben conservarse durante las fuerzas de los terremotos de manera que satisfagan las necesidades de emergencia que generan los movimientos sísmicos. Si un hospital es víctima de daños producidos por el movimiento terrestre, será una carga para su comunidad en lugar de ser una ayuda para ésta.

En primer lugar, los hospitales deben estar diseñados estructuralmente para resistir el movimiento del terreno producido por el terremoto. En segundo lugar, la parte no estructural debe permanecer intacta de manera que todos sus servicios médicos esenciales continúen funcionando durante e inmediatamente después del terremoto.

Este artículo discutirá la relación entre la estructura física que sostiene un centro hospitalario y sus componentes no estructurales según se relacionan a la función médica.

### CARACTERISTICAS PROPIAS DE LOS HOSPITALES POR LAS CUALES SON ESPECIALMENTE VULNERABLES A LOS TERREMOTOS

Los hospitales, entre todos los edificios e instituciones en su comunidad, no solo son de los más esenciales para enfrentar su desastre producido por un terremoto, sino también de los más vulnerables. Tal vez haya otros edificios y complejos de igual tamaño y construcción en su ciudad, pero ninguno tan complejo, desde el punto de vista funcional, tecnológico y administrativo. Entre las características que los hacen especialmente vulnerables tenemos:

\* Complejidad. Los centros de salud son edificios muy complejos que suplen las funciones de hotel, oficinas, laboratorio y bodega.

El solo aspecto de hotel es supremamente complejo ya que involucra no solo alojamiento, sino provisiones alimenticias para un amplio número de personas, incluyendo pacientes, empleados y visitantes. Estos centros por lo general contienen numerosas habitaciones pequeñas y cantidades de largos corredores. Luego de un terremoto, los pacientes y visitantes estarán muy confundidos. Tal vez no haya fluido eléctrico. Los corredores y las salidas de las habitaciones pueden estar bloqueadas por muebles caídos o escombros. Los ascensores no

funcionarán y las escaleras pueden haberse caído o estar en condiciones de difícil uso.

- \* **Ocupación.** Los hospitales son edificios altamente ocupados. Alojan pacientes, empleados, personal médico y visitantes. Están ocupados 24 horas al día. Muchos pacientes requieren ayuda y cuidado especializado continuamente. Pueden estar rodeados de equipo especial y tal vez utilizan gases potencialmente peligrosos como el oxígeno. Tal vez están conectados a equipos que mantienen la vida los cuales exigen fluido eléctrico permanentemente.
  - \* **Suministros Críticos.** La mayoría de los suministros que requieren las instalaciones hospitalarias (farmacéuticos, tablillas, vendajes, etc.) son esenciales para la sobrevivencia del paciente y son cruciales para el tratamiento de víctimas de terremotos. Las historias de los pacientes son vitales para el tratamiento adecuado, especialmente en caso de evacuación a otros centros. El daño a las zonas de almacenamiento y archivo hará imposible la obtención de estos elementos en el momento en que más se necesitan.
  - \* **Servicios Públicos.** Ninguna institución depende más de los servicios públicos que los hospitales. Sin electricidad, agua, combustibles, recolección de basuras, comunicaciones, libre egreso de y hacia, no podrían funcionar. Los equipos de radiología, monitoreo, soporte de vida, esterilización y demás requieren energía.
- La compleja organización de las grandes instituciones para el cuidado de la salud hace que los sistemas de comunicación interna y externa sean críticos.
- Las instalaciones más grandes dependen de los ascensores para movilizar gente y suministros. Aún en un terremoto moderado, los ascensores estarán fuera de servicio hasta que puedan ser inspeccionados para detectar posibles daños.
- \* **Materiales Peligrosos.** Varios productos de un hospital serán peligrosos si se derraman o liberan. Los estantes que se voltean con medicamentos o químicos pueden constituir amenazas por toxicidad tanto en forma líquida como gaseosa. Los incendios pueden iniciarse por acción de químicos, cilindros de gas volteados o la ruptura en líneas de oxígeno pueden plantear serios peligros. Además algunas drogas pueden convertirse en objetos de abuso al romperse las normas de seguridad.
  - \* **Artículos Pesados.** Muchos hospitales tienen equipo o televisores en estantes altos encima o cerca a las camas de los pacientes; éstos pueden caer y causar serios accidentes. Otras piezas de equipo especializado tales como máquinas de rayos X, generadores alternos, son pesados y susceptibles de ser derribados o lanzados por la habitación durante el terremoto.
  - \* **Problemas Externos.** Además de los problemas internos enumerados

anteriormente causados por daños a la instalación hospitalaria misma, el daño sufrido por la comunidad impedirá el acceso de los bomberos, de la policía, y tal vez, del servicio telefónico, mientras que habrá una entrada sin precedentes de heridos. Igualmente, habrá muchedumbres buscando información sobre pacientes en el hospital. En el momento que más se requiera, el edificio puede dejar de ser funcional y el personal médico puede haber muerto o encontrarse herido.

Es fácil ver que los hospitales tienen problemas para prepararse para un terremoto que ninguna otra institución de la comunidad tendrá. Muchos de los problemas mencionados anteriormente se originan en la seguridad estructural y no estructural del edificio. El componente estructural debe atacarse en la etapa de la construcción. Con una adecuada ingeniería estructural, la integridad del edificio sobrevivirá, aún en severo terremoto; tal vez sufra daños, pero no se desplomará. Si un hospital se desploma, aún parcialmente, será un pasivo para la comunidad luego de un terremoto y no el activo que debe ser.

En este artículo asumiremos que los requisitos estructurales se han satisfecho, excepto en aquellos casos en que las fallas no estructurales pueden causar daños estructurales.

Un edificio puede quedar en pie luego de un terremoto y quedar inhabilitado debido a daños no estructurales. El costo de las partes no estructurales en la mayoría de los edificios es considerablemente mayor que el de las estructurales. Esto se cumple especialmente en hospitales donde 85 a 90% del valor de la instalación no está en las columnas de soporte, pisos y vigas, sino en el diseño arquitectónico, sistemas mecánicos y eléctricos y en el equipo allí contenido. Un movimiento sísmico de menor intensidad causará daños no estructurales mayores que los que resultarían de daños a componentes estructurales. Por lo tanto, los aspectos más vitales de un hospital, aquellos que se relacionan más directamente con su propósito y función, son los que más fácilmente se ven afectados o destruidos por los terremotos. Igualmente es más fácil y menos costoso readaptarlos y prevenir su destrucción o afectación.

No basta con que un hospital simplemente no se caiga luego de un terremoto; debe seguir funcionando como hospital. Puede seguir con la apariencia externa de ser hospital, pero si internamente son ruinas, no podrá dar la debida atención a la comunidad. Este artículo enfocará básicamente la prevención de "desastre interno" o lo que técnicamente se denomina "falla no estructural". Pero también discutiremos cómo las fallas no estructurales pueden afectar la integridad de la estructura misma.

#### **Estructural vs. No Estructural:Cuál es la diferencia?**

Es importante tener clara la diferencia entre los componentes estructurales y los componentes no estructurales de un edificio.

\* El término estructural se refiere a aquellas partes de un edificio que lo mantienen en pie. Esto incluye cimientos, columnas, muros portantes, vigas y diafragmas. (Los diafragmas son pisos y techos diseñados para transmitir fuerzas horizontales a través de las vigas y columnas hacia los cimientos).

Diseñar estructuralmente un edificio nuevo o readaptar uno nuevo para que sea sismoresistente requiere el trabajo de un ingeniero y/o arquitecto especializado. Los estándares de diseño estructural sísmico no son aquellos que necesariamente protegerán el edificio de daños irreparables, sino un estándar que evitará el colapso del edificio y/o cualquiera de sus partes de manera que no represente una amenaza para las personas. Por lo tanto el diseño sismoresistente de un edificio se ajusta a un estándar de "seguridad para las vidas" y no protección al edificio. Construir un edificio verdaderamente "resistente a terremotos" es o demasiado costoso e imposible. Sin embargo, es posible y efectivo desde el punto de vista de costos construir dentro de un estándar de "seguridad para las vidas" de manera que el edificio no caiga y lastime a alguien aún si está seriamente afectado. El diseño sismoresistente es tal, que hasta cierto punto la estructura de ninguna manera se ve afectada. Por lo tanto, los terremotos de menor escala o moderados no causan daños estructurales. Más allá de cierto punto, como en el caso de un fuerte terremoto, los soportes del edificio se deformarían plásticamente, se desplazarían y dañarían permanentemente, pero aún podrían soportar el peso del edificio y su contenido. En este último caso, el edificio por lo general es demolido y luego reconstruido, pero no habrá causado víctimas durante el movimiento telúrico.

Por lo tanto, un edificio puede sufrir daños leves o ningún daño en su estructura pero puede ser sacudido tan violentamente que su contenido y las partes no estructurales pueden sufrir daños significativos.

El término no estructural se refiere a aquellos componentes de un edificio que están incorporados a las partes estructurales (como cortinas, ventanas, techos, garajes, etc.) los cuales cumplen funciones esenciales del edificio (plomaría, calefacción, aire acondicionado, conexiones eléctricas, etc.) o que están dentro. "No estructural" se refiere a tres etapas básicas: 1) arquitectura. 2) Sistemas eléctricos/mecánicos; 3) contenido. Es fácil ver que tratándose de un hospital o centro de salud, las partes no estructurales pueden ser mucho más valiosas que el edificio mismo. En realidad al construir un edificio, la parte estructural no constituye más del 15% del costo total de construcción en el caso de hospitales.

Al sumar el valor del contenido y del equipo del hospital, los componentes no estructurales constituirán la porción más significativa del valor del hospital.

En resumen, las partes estructurales sostienen el edificio. A

menudo son invisibles, están escondidas, no se ven, solo dentro de los muros, techos y sótanos. La parte no estructural es todo el resto, lo que está dentro, los sistemas que hacen funcionar el edificio y las partes visibles o la arquitectura.

### **Componentes No Estructurales que Pueden Causar Fallas Estructurales**

Existen tres categorías de componentes no estructurales que pueden tener un efecto significativo sobre la respuesta estructural de un edificio durante un terremoto, aún si el edificio tiene un diseño sismoresistente. Estos son:

1. Equipo pesado
2. Arquitectura
3. Instalaciones mecánicas

En el primer caso, un edificio con diseño sismoresistente habrá sido analizado teniendo en cuenta espectros de respuesta para sus diferentes períodos y amplitudes. Equipo pesado tal como aires acondicionados grandes, escanógrafos médicos, generadores alternos, calderas grandes, piscinas de hidroterapia, etc., pueden cambiar significativamente la respuesta dinámica de un edificio, de manera que cuando un terremoto real suceda, sus reacciones no serán aquellas para las cuales fue diseñado y construido.

Tales cargas excepcionales podrán introducir esfuerzos en techos y pisos que pueden causar fallas catastróficas que tendrían impacto sobre los diafragmas que están debajo.

Tales masas o pesos adicionales también podrán producir excentricidades que someten al edificio a modos rotacionales de vibración durante un terremoto. Se sabe que los modos rotacionales de vibración pueden dar origen a fuertes daños en un edificio y a menos que se hayan tenido en cuenta durante el diseño, un edificio que supuestamente debería tener un buen comportamiento en un terremoto podría llegar a presentar colapsos parciales.

En cuanto a equipo pesado, vale la pena anotar que si estos no están sólidamente anclados a un elemento estructural de un edificio o a sus cimientos, podrán deslizar o voltearse y moverse de manera tal que causen daños estructurales. Se conocen casos en los que calderas o pesados calentadores de agua se han movido en recintos, derribando soportes estructurales o muros y causan el colapso del edificio.

En cuanto a arquitectura, los puntos específicos de análisis son la mampostería de relleno no reforzada y los pesados revestimientos. Aunque la mampostería de relleno no reforzada por lo general no se considera parte estructural, sí le da rigidez a un edificio hasta el momento en que comienza a fallar. Si estos segmentos de relleno interno de un muro fallan irregularmente, pueden colocar columnas y vigas en estados de concentración de esfuerzos que no se previeron en el diseño.

Por lo tanto el diseño estructural deberá considerar los efectos de la mampostería de relleno durante un terremoto cuando comienza a fallar parcialmente y por lo tanto, alterar dinámicamente la rigidez del edificio mientras está en movimiento.

El pesado recubrimiento en el exterior de un edificio cae durante un movimiento telúrico de manera que si un costado del edificio pierde buena parte de su revestimiento mientras otro lado no, resultará una excentricidad tal que pondría al edificio en torsión. Esta torsión tal vez no se haya previsto en los cálculos estructurales y podría dar como resultado colapsos parciales.

En los edificios que tienen plataformas debe tenerse en cuenta el impacto sobre los diafragmas que están abajo cuando los componentes exteriores de arquitectura de los pisos superiores pueden aflojarse y caer.

Otro problema arquitectónico que tiene impacto sobre la estructura se denomina "el efecto de columna corta". Algunas veces se diseñarán edificios con un piso a nivel del terreno que incluye una gran cantidad de espacio abierto entre las columnas de soporte. Su ingeniería debe ser adecuada para resistir terremotos asegurando resistencia y flexibilidad apropiada en las columnas de piso a nivel del terreno. Algunas veces en fechas posteriores, dichos edificios se remodelan para cerrar estas zonas abiertas con mampostería de relleno hasta cierto nivel, dejando en la parte superior únicamente espacio para ventanas. Esto confina la parte inferior de las columnas y, esencialmente, acorta su longitud efectiva. Se sabe que dichas "columnas cortas" fallan en terremotos puesto que la flexibilidad y la resistencia con que originalmente se construyeron se han alterado.

En cuanto a las instalaciones mecánicas, se han presentado casos en los cuales los muros de cortante que fueron parte del diseño sismoresistente, fueron interrumpidos para instalar equipos de aire acondicionado. Tal vez esto no se presente al construir originalmente el edificio, sino más tarde cuando los ingenieros de diseño originales ya no están asociados con la construcción. Estas interrupciones debilitan los muros de cortante, lo cual podría dar como resultado fallas estructurales o colapso parcial durante un terremoto, aún cuando el diseño inicial era sismoresistente.

#### **Prevención de Fallas Físicas o Funcionales**

Para prevenir la falla estructural de un hospital, este deberá ser construido adecuadamente desde un comienzo o adecuado posteriormente. Además debe asegurarse de que ninguno de los componentes no estructurales, discutidos anteriormente, fallará catastróficamente durante un terremoto y causando fallas estructurales a su paso. Con el fin de mantener las funciones críticas de un hospital de manera que le sirva a la comunidad cuando más se necesita, también deben protegerse los componentes internos contra daños.

Todo esto debe hacerse antes de un terremoto. Aquello que se hace antes de un terremoto para reducir o prevenir los daños se denomina "mitigación". Aquello que se hace después se conoce como "respuesta". Este artículo se centra únicamente en mitigación.

Los terremotos son eventos naturales. Se suceden repetidamente en este planeta. No podemos detenerlos. Podemos determinar el lugar donde probablemente ocurrirán y podemos prepararnos para ellos. No podemos prevenir un terremoto pero sí podemos evitar que sea un gran desastre haciendo algo con anterioridad.

La mitigación de los efectos producidos por terremotos mediante la adopción de disposiciones estructurales y no estructurales es una actividad altamente rentable en zonas donde se experimentan terremotos periódica y recurrentemente. Por cada dólar que se gaste adecuadamente en mitigación antes del movimiento, se ahorrará enormes costos en pérdidas que no se sucedieron.

La mitigación no tiene costo. A largo plazo, se paga. Se paga en dinero real, y en vidas salvadas.

### **Cómo Hacer una Inspección y un Inventario de Elementos No Estructurales?**

El primer paso de la implementación de un programa no estructural de mitigación para un hospital es realizar una inspección sistemática y completa de la instalación para evaluar las amenazas existentes. Deben clasificarse en tres categorías y en tres niveles de riesgo así: determinar si los aspectos en consideración representan (1) un riesgo para las vidas (2) un riesgo de pérdida de bienes muebles o (3) un riesgo de pérdida funcional. Posteriormente se deberá clasificar el riesgo en cada caso según sea bajo, moderado o alto.

Un riesgo alto para la vida podría ser algo como una pieza de equipo montado en la pared sobre la cama de un enfermo que podría caer y herir o matar al paciente. Si el equipo estuviere sin anclaje de ninguna forma, sobre un estante por ejemplo, el riesgo de ser arrojado lejos por un terremoto es alto.

Si estuviere asegurado con pernos pero en forma algo inadecuada, podría clasificarse como moderado. Si estuviere anclado correctamente, con muy poca posibilidad de caer, se clasificaría como bajo.

La pérdida de bienes muebles sería algo así como un procesador de palabras en una oficina. Probablemente no caería o heriría a alguien (aunque existe la posibilidad) y su pérdida, probablemente no afectaría el funcionamiento de los servicios esenciales del hospital. Sin embargo, podría ser una costosa pérdida.

Una pérdida funcional podría ser el generador de corriente

alterna. Si no está correctamente asegurado y/o confinado, podría moverse lo suficiente para romper sus conexiones eléctricas y quedar fuera de servicio. Tal vez no habría pérdida de bienes muebles puesto que el equipo no se habría averiado, simplemente se habría soltado de sus asarres y conexiones. No representaría un riesgo para la vida, por lo menos no directamente, excepto que casi todo el hospital depende de la electricidad para energía, incluyendo los sistemas de soporte de vida para pacientes en estado crítico. Esto ilustra que en algunos casos, una pieza pueda corresponder a dos o tres tipos de riesgo o peligro para vidas humanas, para bienes muebles y/o pérdidas funcionales.

La tabulación de los tipos y niveles de riesgo para cualquier elemento particular en un hospital puede lograrse utilizando el siguiente formato desarrollado por Reitherman Company en Half Moon Bay, California. (ver Figura 1). Puede modificarse y copiarse este formato de manera que satisfaga las necesidades del centro de asistencia médica.

Las secciones fotografía e identificación del formato pueden ser "Habitación del Paciente", "Oficina Rayos X", "Cuarto de Operaciones", "Sala de Emergencia", "Zona de Consultorios", "Laboratorio", "Corredor", "Suministros", "Enfermeras", "Sala Cuna", "Cocina", "Zonas de Parqueo", "Escalera", etc. Las partes que deben considerarse y clasificarse incluirían sistemas de iluminación, paneles en techos, equipo en carros de rodamiento, gabinetes de archivo, equipo especial montado en estantes o muros, estantería, divisiones, tubería, químicos, etc.

Se debe anotar en la casilla "comentarios" o en el espacio inferior si este elemento no estructural podría constituir una amenaza potencial para la estructura durante el terremoto.

#### Métodos Generales de Mitigación

Luego de identificar un elemento no estructural de amenaza potencial y su prioridad en términos de pérdida de vidas humanas, de bienes muebles y/o funcional, deberá adoptarse una medida apropiada para reducir o eliminar el peligro. A continuación incluimos una lista de doce medidas aplicables de mitigación eficaces en muchos casos. A veces, simplemente se debe ser creativo y utilizar la imaginación. Estos procedimientos generales que se han utilizado en muchas partes y muchas veces, son:

- |                             |                                    |
|-----------------------------|------------------------------------|
| 1. Remoción                 | 7. Sustitución                     |
| 2. Reubicación              | 8. Modificación                    |
| 3. Movilización restringida | 9. Aislamiento                     |
| 4. Anclaje                  | 10. Refuerzo                       |
| 5. Acoples flexibles        | 11. Redundancia                    |
| 6. Soportes                 | 12. Rápida respuesta y preparación |

\* La Remoción. Sería la alternativa más conveniente de mitigación

en muchos casos. Por ejemplo, un material peligroso podría derramarse pero podría perfectamente almacenarse fuera de los predios. Otro ejemplo sería el uso de un revestimiento muy pesado en piedra o concreto en el exterior del edificio o a lo largo de algunos balcones, algo que podría fácilmente soltarse durante un terremoto poniendo en peligro aquello que está debajo. Una solución sería un mejor anclaje o el uso de soportes más fuertes, pero la más efectiva, sería la remoción y la sustitución.

- \* La Reubicación. Reduciría el peligro en muchos casos. Por ejemplo, un objeto muy pesado encima de un estante podría caer y herir gravemente y podría averiarse causando valiosas pérdidas. Si se reubica en un estante a nivel del piso no representaría peligro para las vidas humanas ni para la propiedad. Igualmente, sería mejor guardar una botella con un líquido peligroso a nivel del piso, si es posible.
- \* La Restricción en la Movilización de ciertos objetos, tales como cilindros de gas y generadores de electricidad, es una buena medida. No importa que los cilindros se muevan un poco mientras no caigan y se rompan sus válvulas liberando su contenido a altas presiones. Tal vez usted desea montar los generadores de potencia alterna sobre resortes para reducir el ruido y las vibraciones cuando estén operando, pero los resortes amplificarían los temblores de tierra. Por lo tanto, deberían colocarse también soportes de restricción o cadenas alrededor de estos resortes de montaje para evitar que el generador salte de su puesto o sea derribado.
- \* El Anclaje. Es la medida de mayor aplicación. Es buena idea asegurar con pernos, amarrar, utilizar cables de amarre o de otra manera evitar que piezas de valor o de tamaño considerable caigan o se deslicen. Entre más pesado sea el objeto más factible es que se mueva debido a las fuerzas de inercia que entran a jugar. Un buen ejemplo sería un calentador de agua; posiblemente habrá varios en un hospital. Son pesados y caen fácilmente y pueden romper una línea principal de agua y una línea de electricidad o combustible; constituyen un peligro de incendio o de inundación. La solución simple es utilizar una cinta metálica para asegurar la parte inferior y superior del calentador contra un muro firme u otro soporte.
- \* Los Acoples Flexibles. Algunas veces se usan entre edificios y tanques exteriores, entre diferentes partes separadas del mismo edificio y entre edificios. Estos se utilizan puesto que los objetos diferentes, separados se moverán cada uno independientemente como respuesta a un terremoto. Algunos se mueven rápidamente o a altas frecuencias, otros lentamente a bajas frecuencias. Si hay un tanque fuera del edificio con una tubería rígida de conexión entre los dos, el tanque vibrará a frecuencias, direcciones y amplitudes diferentes a las del edificio, rompiendo la tubería rígida; un tubo flexible entre los dos evitaría rupturas de esta naturaleza.

- \* Soportes. Son apropiados en muchos casos. Por ejemplo, los cielo rasos por lo general están colgados de cables que tan solo resisten la fuerza de la gravedad. Al someterse a la multitud de fuerzas horizontales y de torsión que resultan de un terremoto, caen fácilmente. Aunque los cuadros de luz son inofensivos al caer, algunas veces estas estructuras suspendidas del techo soportan pesadas luces. Al caer, producen serios accidentes a las personas que están debajo. Las conexiones eléctricas también pueden ser arrancadas del techo amenazando con un posible incendio.
- \* La Substitución por algo que no represente un peligro sísmico es lo correcto en algunas situaciones: por ejemplo, un pesado techo de teja no solo hace pesada la cubierta de un edificio, sino más susceptible al movimiento del terreno en un terremoto, las tejas individuales tienden a desprenderse creando peligro para la gente y los objetos debajo. Una solución sería el cambio por una cubierta más liviana y más segura.
- \* Algunas veces es posible modificar un objeto que represente un peligro sísmico. Por ejemplo, los movimientos de la tierra retuercen y contorsionan un edificio, el vidrio rígido de sus ventanas puede romperse violentamente lanzando filudas espadas de vidrio contra los ocupantes. Es posible adquirir rollos de plástico transparente para cubrir las superficies internas y evitar que se rompan y amenacen a los que están dentro. El plástico es invisible y modifica el potencial de la ventana de vidrio de producir lesiones. (Posteriormente en este artículo indicaremos dónde se pueden obtener estas películas protectoras).
- \* El Aislamiento. Es útil para pequeños objetos sueltos. Por ejemplo, si se colocan paneles laterales en estantes abiertos o puertas con pestillos en los gabinetes, su contenido quedará aislado y probablemente no será arrojado por el recinto en caso de un terremoto.
- \* Los Refuerzos. Son factibles en muchos casos. Por ejemplo, un muro de relleno no reforzado o una chimenea no reforzada puede reforzarse sin mayor costo cubriendo la superficie con una malla de alambre y pañetándola con cemento u otra mezcla. No solo se protegerán estos objetos no estructurales contra fallas; en el caso de los muros de relleno, también se reforzarán las partes estructurales.
- \* Los planes de respuesta a emergencias con existencias adicionales constituyen una buena idea. Es posible almacenar cantidades adicionales de ciertos productos en cajas en lugares que serán accesibles luego de un terremoto.
- \* La rápida respuesta y reparación, es una metodología de mitigación empleada por largos oleoductos. Algunas veces no es posible hacer algo para evitar la ruptura de una línea en un sitio dado, entonces se almacenan repuestos cerca y se hacen los arreglos necesarios para entrar rápidamente a la zona en caso de

ruptura de la línea durante un terremoto. Se podría tener a mano en un hospital piezas de plomería, electricidad y demás, junto con las herramientas apropiadas, de manera que si algo se daña, pueda fácilmente arreglarse. Este sería el último recurso en la mitigación, pero podemos iniciarlo antes del temblor y realizar el resto del plan después. Por ejemplo, durante un terremoto se pueden romper los tubos del agua; tal vez no se pueda acoplar cada uno de los tubos y tomar cada una de las medidas para eliminar totalmente este riesgo, pero pueden tenerse a mano los medios para arreglar las cosas rápidamente. Con esta planeación antes del terremoto es posible ahorrar enormes costos en daños ocasionados por agua con una inversión mínima en unos pocos artículos y pensando por anticipado en lo que podría ocurrir.

Las doce medidas generales anotadas y discutidas se aplicarán a casi todas las situaciones. Sin embargo, en muchos casos, simplemente se debe ser creativo y pensar en su propia solución de mitigación.

#### Fuerzas de un Terremoto

Al realizar la inspección e inventario para la evaluación del riesgo no estructural, deberá comprender algunos principios físicos. Los daños que se presentan por los terremotos resultan del movimiento de la tierra. Existen dos formas básicas por las cuales este movimiento causa daño: (1) por los efectos de la inercia, o (2) por deformación. La inercia se relaciona con la masa o peso de un objeto. Entre más pesado sea, mayores serán las fuerzas de inercia que pueden resultar de fuerzas sísmicas. Por ejemplo, una pesada pieza de equipo de laboratorio puede simplemente yacer en el piso sin amarres con la idea equivocada de que por su peso, en un temblor no se movería. Esto es una equivocación. Un temblor lo suficientemente fuerte como para averiar parte de un edificio, sería lo suficientemente fuerte para mover el equipo. Si la parte de arriba es pesada, el temblor lo volteará. Si no, hará que se deslice por el piso aplastando a alguien, averiando otras piezas en el laboratorio, bloqueando una salida o aún causando daño estructural al edificio mismo. Debe tenerse en cuenta que, las fuerzas liberadas por un temblor son inmensas; pueden ser las mayores fuerzas de la naturaleza. Si un temblor puede levantar y mover todo un edificio o una ciudad entera, no sería nada levantar y mover una pieza de pesado equipo, aún si pesa varias toneladas.

Además de las fuerzas de inercia, los terremotos causan daños por deformación, doblar hasta hacerle perder su forma a un objeto. Algunas cosas se doblan y se deforman sin romperse; los objetos metálicos pueden hacer esto. Otras cosas son frágiles y se rompen en pedazos cuando se doblan demasiado. El ladrillo, el concreto, la mampostería se comporta así cuando las fuerzas de deformación son muy grandes.

Al inspeccionar su hospital, especialmente los aspectos mecánicos,

arquitectónicos y de calefacción/ventilación. Se debe preguntar si un objeto en particular será susceptible a las fuerzas de inercia o de deformación, o tal vez a ambas. Este tipo de consideraciones son necesarias para escoger la forma de mitigación correcta.

#### **Quién está Calificado para Hacer Inspecciones no Estructurales?**

Muchas medidas de mitigación no estructural pueden ser reconocidas, diagnosticadas y prescritas prácticamente por cualquier persona. No se necesita ninguna sofisticada capacitación o experiencia en ingeniería. Se requerirá un buen nivel de sentido común y buen juicio, claro está, pero no necesariamente un alto nivel de experiencia técnica en muchos casos. Los aspectos no estructurales típicamente considerados en enfoques que realiza uno mismo sin ser experto incluyen:

- Pequeños aditamentos
- Equipo pequeño o de escritorio, especialmente si no es crítico
- Gabinetes
- Archivadores
- Estantes contra la pared
- Contenido de los estantes
- Calentadores de agua (tamaño similar al de las casas)
- Aditamentos de iluminación
- Revestimientos plásticos a prueba de ruptura para ventanas

Estos son algunos tipos específicos de objetos que cualquiera puede reconocer y recomendar medidas de mitigación apropiadas. Otras medidas de mitigación se diagnostican y solucionan mejor bajo la supervisión de un ingeniero especializado, especialmente si puede tener impacto sobre las partes estructurales del edificio. Entre los aspectos no estructurales considerados en enfoques de ingeniería tenemos:

- Equipo mecánico, tal como bombas, aire acondicionado, ventiladores, etc.
- Equipo eléctrico grande, tal como transformadores.
- Equipo grande o pesado, tal como equipo de Rayos X o escanógrafos.
- Muros que actúan como soportes para estantes o equipo pesado.
- Equipo especialmente crítico abierto a su gran peligro potencial, tal como liberación de radiactividad.
- Equipo especialmente crítico debido a su gran valor monetario, tal como equipo de medicina nuclear.
- Equipo especialmente crítico debido a la función que desempeña, tal como un generador auxiliar de energía.

En algunos casos pueden existir códigos de construcción de la ciudad o del municipio que exigen la aprobación de cualquier cambio o modificación por parte de inspectores. Estos pueden incluir los siguientes elementos no estructurales:

- Divisiones interiores
- Techos
- Gabinetes de más de 1.50 mts de altura o apoyados en el muro o techo
- Estantes de más de 1.50 mts de altura
- Equipo de cocina
- Ascensores o elevadores de carga
- Equipo eléctrico y mecánico
- Plomería y tubería
- Tanques de agua
- Bombas y motores
- Tubería y sistemas rociadores contra incendio
- Generadores, baterías, suministro de combustible
- Cajas de teléfono
- Tanques de gas médico
- Equipo médico montado en el techo
- Equipo de Rayos X
- Equipo de laboratorio.

Es importante asegurarse de que cualquier medida de mitigación se tome de acuerdo con los reglamentos y códigos exigidos:

En primer lugar discutiremos brevemente las disposiciones arquitectónicas, luego las disposiciones mecánicas y eléctricas y finalmente, en detalle el contenido y el equipo médico especializado.

#### **Consideraciones Arquitectónicas**

Las ventanas constituyen un peligro en caso de terremotos; están instaladas en marcos rectangulares los cuales, en terremotos, podrían deformarse en paralelogramos. El resultado sería la violenta ruptura de vidrios en cuñas y pedazos que vuelan como dagas por el recinto. Se han encontrado pedazos de vidrio clavados en pisos de madera y muebles a 60 mts. de distancia durante un temblor. Aunque si ocurre un terremoto, una buena precaución de seguridad sería alejarse inmediatamente de cualquier vidrio, la mejor forma de protección es hacer que el vidrio sea a prueba de ruptura. Es posible hacer dos cosas: Al instalar las ventanas, deje suficiente espacio libre entre el vidrio y el marco rígido, relleno con un compuesto vidriado, de manera que hasta cierto punto si el marco se deforma, la ventana no se ve afectada. La otra medida, sería cubrir el interior con un revestimiento plástico resistente a la ruptura. Esto no evitará que se rompa el vidrio, pero sí evitará la explosión de pedazos de vidrio dentro del edificio. Madico Inc., 64 Industrial Parkway, Woburn, MA 01888 produce el revestimiento plástico para vidrio a prueba de ruptura

Algunos edificios se recubren con piedra o concreto con fines arquitectónicos. Estos recubrimientos deben estar fuertemente anclados a las partes estructurales del edificio de manera que resistan las tensiones producidas por temblores o deberán ser removidos y sustituidos. De otra manera implican un serio peligro para las personas y los objetos debajo.

En la mampostería de relleno se utilizan ladrillos, piedras o bloques entre las columnas de soporte. Tal vez el daño durante el terremoto no provoque colapso o fallas en la estructura, sin embargo, constituyen en sí mismas un peligro puesto que pueden caer y averiar objetos o herir gente. Se requerirá un ingeniero para evaluar el potencial de esta amenaza.

Los recintos y zonas grandes a menudo se dividen en áreas privadas más pequeñas utilizando divisiones independientes, tal vez, incorporadas a estantes. Durante un terremoto pueden caer causando no solo heridas sino el bloqueo de salidas y por lo tanto haciendo muy difícil la evacuación o la movilización dentro del complejo. Deben estar asegurados no solo en la parte inferior, sino también arriba, de manera que no se caigan.

Los techos y aditamentos de iluminación son especialmente vulnerables a las vibraciones de los terremotos. Los cielo rasos pueden caer aún en temblores moderados. Si dichos techos soportan aditamentos de iluminación, el peso adicional aumentará la vulnerabilidad. Dichos cielo rasos muchas veces suspenden de cables. Verifique que la cantidad de cables sea suficiente y estén en los ángulos correctos para evitar movimiento en todas las direcciones.

Podrían hacerse otras consideraciones arquitectónicas, pero las medidas no estructurales más efectivas desde el punto de vista de costos yacen en los aspectos eléctricos y mecánicos y especialmente en el contenido. Por lo tanto, este artículo enfocará esta consideración especialmente.

#### **Aspectos Mecánicos/Eléctricos**

Encima de los cielo rasos de las habitaciones y corredores de los hospitales, hay una inmensa cantidad de tubos, ventilaciones y conductos eléctricos. Ahí se encuentran los sistemas de ventilación, suministro de agua, líneas de comunicación, líneas de energía y otros servicios vitales de un hospital. Entre paredes y pisos pueden estar las líneas de aguas, de desecho, así como otras líneas vitales. Además de las redes de distribución, están las cajas de los mecanismos de distribución, y puntos de equipo terminal, bombas compresores, motores, computadores y otros sofisticados sistemas mecánicos y electrónicos.

Toda la tubería y tubos de ventilación por encima deben estar anclados en forma segura y especialmente reforzados en las uniones y conexiones. En algunos casos se requerirán conexiones flexibles mientras en otros, se requerirán conexiones rígidas. Esta decisión sería de ingeniería.

Los calentadores de agua son potencialmente peligrosos y vulnerables. Son pesados, constituyen un problema de fuerzas de inercia al ser sacudidos por un temblor de tierra. Tienden a volcarse fácilmente como respuesta al movimiento del terreno. Al caer, obstaculizan las líneas de agua causando serias inundaciones

e impidiendo los esfuerzos por apagar eventuales incendios. También pueden causar incendios al romperse las líneas eléctricas o de gas, dependiendo de la fuente de energía. Por lo tanto, un temblor moderado que tal vez no haya provocado un daño significativo puede terminar en la destrucción de un edificio si el calentador de agua cae causando un incendio. La solución de este potencial de desastre es sencilla y poco costosa. Tan solo se requieren unas cintas metálicas puestas en la parte superior e inferior para asegurar el calentador contra una pared sólida firme u otro soporte. Si lo hace contra un muro, no utilice puntillas, utilice pernos grandes insertados directamente en el soporte del muro. No basta con amarrarlo únicamente en la parte superior; las fuerzas del terremoto podrán mover el piso debajo y soltar el calentador de arriba; se necesitan los agarres inferior y superior.

Los códigos de seguridad contra incendio a menudo exigen sistemas rociadores. En algunos casos los terremotos los han accionado resultando una inundación interna. Un edificio en California que no había sufrido serias averías, sufrió millones de dólares de pérdida en daños causados por agua al activarse su sistema rociador como consecuencia del temblor. Un ingeniero debe investigar esta posibilidad y deberá tomar medidas apropiadas en caso que sea un problema potencial.

La cocina y la lavandería son dos zonas donde el agua caliente y aún el vapor pueden constituir peligros potenciales. Si hay un cuarto de horno, tal vez las calderas estén allí. Un ingeniero deberá inspeccionar estas áreas y verificar que las calderas y demás estén correctamente anclados, así como toda la tubería.

La mayoría del equipo utilizado en un hospital requiere conexiones temporales o permanentes a sistemas eléctricos y mecánicos. El instalador debe darle atención al mantenimiento de estas conexiones inmediatas o permitir una interrupción de seguridad en caso de un temblor. Aunque el equipo esté correctamente instalado, tal vez haya suficiente movimiento diferencial entre el equipo y los muros o techos para alterar las conexiones rígidas. Esta alteración puede causar peligros para las vidas humanas o mal funcionamiento de equipo esencial en el caso de gas, vapor de agua caliente que escapan, peligros de shock o incendio. Las posibles soluciones son:

Gas, agua o vapor:

1. Conexiones con mangueras flexibles
2. Conexiones de uniones giratorias
3. Válvulas automáticas de interrupción

Corriente eléctrica:

1. Conductos flexibles para equipo que esté conectado permanentemente
2. Cables y conectores de cierre rígidos diseñados para halar sin dañar los objetos de enchufar. Sería preferible que la mayoría del equipo se desconectara mediante sistema

de seguridad en lugar de ser operado con un cable a tierra que corre peligro de romperse.

Los generadores alternos son esenciales en los hospitales. Puede asumirse que un terremoto interrumpe el suministro externo de fluido eléctrico. Aún un temblor moderado puede interrumpirlo. Por lo tanto, es absolutamente necesario que el generador alterno sea sismoresistente, lo cual significa que:

1. El generador debe estar anclado o frenado correctamente.
  - a. No se deslizará ni moverá lateralmente, y,
  - b. no caerá.
2. Su fuente de combustible estará disponible durante y luego del movimiento.
3. Las baterías de arranque no se caerán y cumplirán con su función.

Los generadores son pesados; invitan las tensiones de la inercia durante los terremotos. Entre más pesados sean, mayores serán las posibilidades de que un terremoto los mueva. Si el sólido anclaje a un piso sólido significa un problema de ruido y vibración, deb verificar que cualquier resorte o amarre flexible esté bien asegurado a su lugar.

Los montajes en resorte amplían el movimiento del terremoto. Se debe tener esto en cuenta al diseñar las medidas de restricción. Si un generador se mueve, puede bloquear entradas, si se mueve demasiado puede desplazar partes estructurales. Pero el problema más grave es que puede romper las líneas de suministro eléctrico y las de suministro de combustible y no podrá funcionar ni transmitir la energía donde se requiere. Por lo tanto, las conexiones deberán tener consideraciones especiales, aún cuando el generador, haya sido correctamente asegurado. Sin embargo puede haber suficiente movimiento relativo entre el generador, los muros y el piso, lo cual puede averiar las conexiones. Las conexiones flexibles serían las apropiadas

En cuanto a disponibilidad de combustible para operar el generador, verifique que el motor no esté conectado a un tubo exterior de gas. Si el terremoto ha sido lo suficientemente fuerte para provocar interrupción en la corriente, probablemente también podrá causar interrupción en el suministro de gas. El suministro de combustible debe estar disponible independientemente de los daños que produzca el temblor fuera de su hospital

Otro aspecto de la energía alterna son los estantes de las baterías. Cerciórese de que las baterías de repuesto estén en estantes correctamente asegurados de manera tal que no se caigan. Las baterías son pesadas y susceptibles a las fuerzas de la inercia. Los estantes que la sostienen son pesados en la parte superior; estos deben estar fuertemente anclados en la parte superior e inferior a una parte estructural sólida y las baterías bien aseguradas a los estantes para que no se caigan y averien.

Las comunicaciones, tanto internas como externas, son funciones críticas de un hospital. Asumámos que el sistema externo de telecomunicación ha sido interrumpido por el terremoto. Tenga a mano radios de entrada y salida para comunicaciones externas, para comunicaciones locales y de larga distancia. Debe hacer que su ingeniero, internamente, inspeccione cada una de las partes de su sistema y evalúe los daños sísmicos potenciales y tome las medidas de mitigación apropiadas para evitar daños. Tomando estas medidas y con un operador alternativo que funcione, sus comunicaciones internas deberán permanecer intactas.

#### **Objetos dentro del Edificio del Centro Hospitalario que Representan Peligros para las Vidas Humanas**

Los peligros para las vidas humanas son aquellos que provocan muerte, heridas debilitantes o que empeoran considerablemente la condición de un paciente. Tanto el personal de un hospital como sus pacientes están sometidos a este riesgo. Los impactos sobre el personal tendrán consecuencias sobre los pacientes. Una ligera raspadura o una pequeña cortada es tolerable, mientras que una fractura o laceración grave de un empleado constituye un problema no solo para esa persona sino que además le impide ejecutar otras funciones que requieren los pacientes y puede aún acaparar la atención del resto del personal médico.

Los peligros no estructurales que pueden afectar la gente en un hospital son los siguientes:

1. Muebles con bordes puntudos
2. Vidrio roto que vuela por el aire y yace en el piso
3. Objetos que caen de estantes, gabinetes y cielo rasos.
4. Impacto producido por objetos que se deslizan o ruedan por el piso.
5. Inhalación de gases tóxicos o médicos.
6. Contacto con líquidos corrosivos o peligrosos
7. Choque eléctrico
8. Quemaduras producidas por vapor
9. Incendio.
10. Desconexión o fallas en los sistemas de soporte de vida
11. Incapacidad para abandonar el lugar o para moverse (estar atrapados)

Probablemente habrá otros peligros que no estén en la lista, pero la anterior cubrirá la mayoría de los casos.

#### **Consideraciones Sísmicas para Asegurar los Objetos que están dentro de un Hospital**

Los elementos más importantes y verdaderamente valiosos de un hospital son los que se encuentran dentro: muebles, equipos y suministros. Algunos pueden representar peligros para las vidas humanas en caso de terremoto, como se discutió anteriormente. Algunos también implican considerables pérdidas económicas.

Casi todos implicarían hasta cierto punto pérdidas funcionales.

A continuación presentamos una lista de objetos, no es una lista completa y en algunos casos el objeto mencionado no se aplicará a su hospital. El propósito es darle ideas sobre los puntos que se deben tener en cuenta en sus propias instituciones.

#### OBJETOS BASICOS

Los objetos básicos son aquellos que se requieren para el continuo funcionamiento de un hospital.

- \* **Herramientas esenciales de diagnóstico:** termómetros, esfigmomanómetros, estetoscopios, otoscopios, oftalmoscopios, martillos de caucho y linternas son de uso continuo en zona de cuidados de paciente. Se deben guardar unidades adicionales las cuales deben estar disponibles para personal que hará la clasificación de víctimas, personal de apoyo y personal que realizara operaciones, cerca de las zonas donde se requerirán luego de un sismo.
- \* **Camas para pacientes:** La mayoría de los casos admitidos luego de un sismo serán no ambulatorios. Los requerimientos normales de flexibilidad en la posición de la cama entran en conflicto con la necesidad de proteger tanto a esta como al paciente de movimientos descontrolados durante el sismo. Debe emplearse un método de fácil liberación para asegurar las camas y demás equipo.
- \* **Carros móviles:** Este tipo de carros con sus equipos especiales para intervenir en crisis, equipo para salvar vidas y suministros se encuentran en todas las zonas de cuidado de pacientes. Los objetos deben estar asegurados al carro y los carros, cuando no se estén usando, deben estar asegurados contra el muro o la división.
- \* **Respiradores y máquinas de succión:** Es necesario asegurar los aparatos de succión o respiradores así como la cama del paciente para evitar que se desconecten del enfermo.
- \* **Sillas de rueda.** Estas serán esenciales. Cada unidad debe estar provista de frenos en todas las ruedas, operados con un control de diseño "muerto" (es decir, encendido automático).
- \* **Monitores.** A menudo se colocan los módulos de monitoreo uno encima de otro en carros o en soportes adheridos a la pared. Las conexiones de módulo a módulo deben asegurarse así como deben asegurarse al estante o al soporte.
- \* **Mesas altas.** Estas mesas constituyen excelentes superficies de trabajo para los enfermos o para el paciente. Deben estar aseguradas para evitar impactos o volcamiento.
- \* **Soportes para líquidos intravenosos:** Estas unidades que pueden

tener sus propias patas o estar incorporadas a la cama, son esenciales para el cuidado del paciente.

Si están en uso, deben asegurarse a la cama; al guardarse deben reunirse en grupos.

- \* **Mesa de la sala de operación:** Esto representa un complejo problema: los peligros se reducen cuando el paciente está asegurado a la mesa y cuando la mesa está asegurada también. Los elementos auxiliares tales como carros de anestesia, unidades de cauterio, bases de instrumentos, etc. deben asegurarse a la mesa.
- \* **Carro de anestesia:** este tendrá gran demanda para los procedimientos que exigen anestesia luego de un temblor. Estos carros contienen la máquina de anestesia, los cilindros alternos, aparatos de monitoreo y bandejas de procedimiento. Durante su uso deben asegurarse a la mesa de operaciones y sus elementos asegurados al carro.
- \* **Luces quirúrgicas:** Serán esenciales luego de un sismo para exámenes y tratamiento. Su principal peligro está en que queden colgando, columpiándose y golpeen pacientes, personal u otro equipo. Esto puede evitarse aumentando la fricción en los puntos de articulación.
- \* **Archivadores:** No solo son importantes para que el paciente reciba tratamiento adecuado sino que representan peligros sino se aseguran a los muros y pisos. Los cajones de los archivadores ruedan sobre balineras y rápidamente se abren bajo las vibraciones de un temblor salvo si tienen pestillos efectivos. Al abrirse todos los cajones, el archivador podrá fácilmente caer, a menos que esté asegurado. Los desordenados montones de archivadores derribados dificultan o imposibilitan la salida, sin mencionar las heridas que causan si caen encima de alguien.
- \* **Computadores:** Actualmente, los computadores guardan una gran cantidad de información. Deben estar bien asegurados a la mesa para evitar que caigan y pierdan su función. Colocar labios alrededor de la mesa evitara que caigan, también se pueden colocar cintas velcro en los computadores para que no se deslicen. Los computadores grandes tienen sus propios problemas ya que la mayoría están en recintos con pisos huecos debajo. Verifique que los soportes sean los adecuados.
- \* **Neveras del banco de sangre:** Estas unidades mantienen en una temperatura constante que no debe exceder 2°C. Debe garantizarse un suministro continuo de energía, no solo para la nevera misma, sino para su termómetro y sistema de alarma.

#### **Problemas Especiales de la Medicina Nuclear**

El área de medicina nuclear presenta situaciones especialmente peligrosas. Entre ellas tenemos:

- \* **Carro de colimador:** Estos carros pueden pesar más de 700 kilos cuando están plenamente cargados con colimadores; se usan con cámaras gamma. Cuando no se están transportando, deben estar fuertemente asegurados.
- \* **Camaras Gamma:** Son similares a las unidades de rayos x excepto que son más pesadas y están provistas de ruedas; requieren colimadores. En horas que no estén trabajando deberán guardarse en sus posiciones más bajas y deberán asegurarse.
- \* **Baños de aceite:** Se encuentran en la farmacia nuclear, normalmente consiste en un tanque abierto con aceite caliente a 100°C celcius. El tanque debe estar fijo en el estante y provisto de una tapa adecuada, a prueba de salpicadura.
- \* **Pantallas protectoras:** Por lo general son ladrillos de plomo los cuales deben mantenerse unidos con llave o de otra manera para que el impacto de la vibración no los desplace.
- \* **Contador de escintilación:** El peligro que se presenta aquí es su peso y no tanto su contenido radioactivo. El contador debe estar asegurado a la estructura teniendo en cuenta la fortaleza del cimiento estructural.
- \* **Materiales y desechos radioactivos:** El principal peligro sería el material de desecho cuya radioactividad no podemos ignorar. Los suministros deben almacenarse de manera que no estén en peligro de caer o de golpearse con otros objetos. Se deben tener canecas de 55 galones con tapas que cierren firmemente.

#### **Peligros Varios**

- \* **Piscinas y tanques de hidroterapia:** No es posible proteger efectivamente las piscinas internas contra el agua que salpique hacia afuera; deben existir drenajes adecuados en las zonas inmediata y los tanques deben asegurarse al piso.
- \* **Equipo para terapia física:** Algunas unidades tienen contrapesos con altos centros de gravedad. Los contrapesos deberán asegurarse para evitar movimientos descontrolados y las unidades con patas al piso deben fijarse para evitar que sean derribadas.
- \* **Balanzas/ pesas móviles:** Se encuentran principalmente en el cuarto de ingredientes. Debido a su peso y alto centro de gravedad pueden rodar y caer fácilmente. Las balanzas deben asegurarse firmemente al carro, preferiblemente al que suministra el fabricante, y este debe adherirse a la pared con un sistema de resorte y cadena de fácil liberación.
- \* **Urnas fijas y portátiles:** Las urnas portátiles de la cafetería

por lo general están montadas sobre carros; mientras las unidades fijas están montadas en unidades en mostradores desde donde se sirve; también hay máquinas que sirven té y café. Ancle las urnas a los carros y mantenga estos asegurados.

- \* **Reactivos y sustancias químicas a granel:** Algunos son esenciales, otros no. De todas maneras exigen seguros apropiados en estantes u otros. Aquellos productos esenciales deben mantenerse aparte de los no esenciales.
- \* **Cilindros de gas:** Se encuentran en todas las áreas de soporte, contienen una gran variedad de gases, algunos tóxicos, otros inflamables, etc. Deben aislarse para evitar afectar pacientes o personal o daño a elementos esenciales.
- \* **Taller de máquinas y taller de fabricación:** Se encuentran en los departamentos de ingeniería, mantenimiento, investigación y prótesis. Se incluyen pesadas unidades de pie tales como tornos, sierras radiales, prensas, etc. También, elementos más livianos de uso sobre mesas, tales como taladros, cepillos y herramientas. Todo debe estar asegurado para que no caiga.
- \* **Mantenimiento de animales de investigación:** Se mantienen animales para varios proyectos de investigación; algunos pueden ser portadores de organismos patógenos y son impredecibles en cautiverio. Se deben atender cuidadosamente las jaulas, carros, aparatos automáticos de alimentación y suministro de agua, etc.
- \* **Acuarios:** Estos tanques, utilizados en investigación, varían entre 10 a 200 galones. Deben asegurarse para que no se muevan ni se volteen y deben instalarse en áreas con drenaje adecuado.
- \* **Deposito de materiales de construcción y reparación:** En los diferentes depósitos y bodegas se almacenan grandes cantidades de madera, tubería, conductos, aditamentos de plomería, etc. Debido a su tamaño y peso deberán asegurarse adecuadamente a los estantes donde se guardan y estos a las paredes, techos y /o pisos.
- \* **Elementos que cuelgan de la pared:** Relojes, cuadros, carteleras, televisores: Estos elementos abundan en zonas de pacientes, corredores públicos y zonas administrativas. Se debe tener cuidado en la manera como se fijan y montan. Los relojes, televisores y demás equipo pesado deben asegurarse y montarse en lugares diferentes o entradas, o encima de las camas de los pacientes; etc.
- \* **Lámparas encima de las camas:** A menudo los paneles de servicio en las camas de los pacientes están provistos de lámparas articuladas, de brazo móvil, o se ofrecen por separado. Si no se están usando deben asegurarse.
- \* **Bibliotecas:** Las oficinas, las zonas de trabajo profesional, etc. a menudo están provistas de bibliotecas con vidrio y

puertas que se abren hacia afuera o hacia arriba. Las conexiones entre módulos deben asegurarse. Debe considerarse alternativas a los paneles de vidrio (por ejemplo, plástico a prueba de rotura); igualmente debe pensarse en la forma de asegurar los libros para que no salgan volando. En las bibliotecas donde existen varias filas de estantes altos, lejos de muros, deberá fijarse con pernos las bases y colocar soportes a lo largo del recinto, amarrándose en los muros opuestos asegurando arriba toda la estantería. Si no se asegura arriba y abajo, fácilmente podrá caer.

\* **Máquinas que venden automáticamente:** Localizadas en o cerca a salas de espera, tienen altos centros de gravedad y son pesadas. Si se colocan en corredores pueden volcarse y bloquear el acceso a áreas críticas. También han caído sobre personas en terremotos. Cada unidad deberá asegurarse a los pisos y muros, arriba y abajo, y sus conexiones eléctricas deben protegerse contra desconexión repentina.

La lista de ítems específicos continúa indefinidamente. Su propio sentido común le indicará las medidas de mitigación que pueden adoptarse en cada caso. Entre otros elementos que no se mencionan aquí específicamente y que pueden implicar peligro para la vida, representar peligros, o pérdidas financieras tenemos:

- Unidades de tracción
- Máquinas de hiper e hipotemia
- Cilindros portátiles de oxígeno y otros gases médicos
- Elementos para aseo de enfermos
- Máquinas de hemodiálisis
- Marcos inmovilizantes
- Camas circoeléctricas
- Tanques de dializador
- Deionizantes
- Teleautógrafos
- Carros de medicamentos
- Máscaras portátiles contra humos
- Máquinas dispensadoras automáticas
- Farmacéuticos y otros suministros
- Vidrio de laboratorio
- Analizadores de laboratorio
- Incubadoras
- Lavadoras y esterilizadores
- Hornos de secado
- Centrifugas
- Microscopios
- Máquinas de rayos x, fijas y portátiles
- Agua destilada en contenedores de vidrio
- Formaldehidos, alcohol, parafina, etc.
- Químicos para desarrollo de películas
- Iluminadores de películas
- Archivos de películas
  
- Teteras y vaporizadores en la cocina
- Hornos

- Mezcladores
- Carros para transportar las bandejas de los pacientes
- Máquinas lavadoras de ollas
- Estantería de ollas
- Extintores de incendios
- Neveras
- Escritorios
- Butacas y sillas
- Útiles de limpieza
- Carros
- etc.

Realizar un trabajo completo de investigación sísmica, sería prácticamente imposible e infinito, como puede verse claramente por la anterior tabulación. Tratar de hacerlo sería interferir con las funciones diarias sin la crisis de un sismo en un hospital. Recuerde, no tiene que hacer todo.

#### **Establecimiento de Prioridades**

Cualquier cosa que haga, por limitado que sea, ayudará a reducir los daños, pérdidas y heridas.

Haga todo lo que pueda y siga añadiendo a sus procedimientos ya implementados a medida que pasa el tiempo y siempre y cuando sea posible. Establezca prioridades y realice primero lo más importante. Es importante establecer prioridades puesto que nunca se hará absolutamente todo, si tan solo logra cumplir lo más importante, habrá recorrido un buen camino hacia disminuir la magnitud del desastre y mantener el hospital funcionando.

A continuación presentamos algunos aspectos generales para ciertas categorías de equipo y suministros comunes a los hospitales:

#### **\* Elementos con ruedas (Escoja los siguientes donde sea posible)**

- Espacio ancho entre ruedas
- Bajo centro de gravedad
- Ruedas de diámetro grande
- Aparatos de freno de una sola acción que frenen todas las ruedas
- Sistema automático de freno

#### **\* Cubiertas: (especifique donde sea posible)**

- Pestillos en todos los cajones
- Pestillos en puertas corredizas y seguros para evitar que se descarrilen por el movimiento vertical.

#### **\* Sistemas de almacenamiento (Especificar)**

- Ganchos, soportes, etc. Lo cual asegurará las herramientas, elementos o suministros.

#### **\* Muebles (Especificar)**

- Patas separadas
- Bajo centro de gravedad
- Pestillo en cajones
- Bordes o esquinas sin punta
- Patas firmes o cogidas para reducir movimiento superior y evitar que los objetos "caminen" por la superficie.

- \* **Suministros:** (Ordene así si es posible)
  - en cajas de cartón u otros empaques adecuados para almacenamiento durante el día y utilizarlos desde cajas abiertas en lugar de artículos individuales sueltos en los estantes.
  - en cajas de cartón u otros empaques que se intercambian con otras cajas de cartón y ofrecen un almacenamiento más estable.
- \* **Extintores de incendios:** Soportes que los aseguren contra fuerzas verticales y laterales.
- \* **Estanteria:** (Tenga en cuenta lo siguiente):
  - La posibilidad de invertir los estantes para ofrecer labios de restricción sin costo adicional.
  - La posibilidad de empujar estantes hacia atrás para evitar que los elementos y equipos "caminen" de los estantes.

Esta lista no pretende ser completa; simplemente trata de estimular su propio juicio y observación para ver aquello que debe hacerse. Sin duda alguna, tendrá buenas ideas que no se han mencionado aquí y contemplará áreas y elementos que no se encuentran aquí.

#### **El Problema del Egreso Luego del Terremoto.**

Para que un hospital funcione correctamente y en forma que no represente peligro, los corredores y pasadizos no deben verse restringidos ni bloqueados. Los daños no estructurales probablemente causarán mayores problemas de egreso. Si, durante un terremoto los ocupantes deben salir entre una cascada de aditamentos de iluminación y tejas que caen del techo, deben esquivar muebles caídos, deben tropezarse en oscuros corredores y escaleras a punto de caer para llegar a la puerta de entrada o a la calle y encontrarse con vidrio que cae, pedazos de muros, tablas, elementos de la fachada, tejas, parapetos, etc.... con seguridad no podría decirse que ese edificio sea seguro, aún cuando haya sobrevivido estructuralmente y no haya sido derribado.

Durante la evaluación del riesgo y el inventario no estructural, el problema del egreso debe considerarse continuamente. A menudo, los hospitales se ven cortos de espacio y se acostumbra utilizar corredores para archivar y almacenar otras cosas. Esta práctica puede resultar en un corredor completamente bloqueado después de un terremoto. Los ascensores no funcionarán, por lo menos, hasta que se inspeccionen. Por lo tanto, debe dársele especial atención a las escaleras y su posterior seguridad.

Los marcos de las puertas con frecuencia se traban luego de un terremoto; esto no solamente hara inaccesibles ciertas áreas vitales, sino que podrán atrapar gente en lugares peligrosos. Luego del terremoto de Coalinga en California, la puerta de entrada al garaje de la ambulancia no abria, asi que el vehiculo no se pudo utilizar.

Los cobertizos y porches a la entrada de hospitales y salas de emergencia tienden a caerse. Estos no solo bloquean entradas principales, sino que pueden caer sobre flotas de vehiculos como sucedió en 1971 en el terremoto de San Fernando en el hospital de Olive View.

Otro aspecto del problema del egreso es que las disposiciones típicas de los hospitales son confusas para los visitantes y pacientes aún en condiciones normales sin crisis. Luego del temblor, las luces se pueden ir, los ascensores no funcionarán, los corredores de salida pueden estar bloqueados con material. Las escaleras son a menudo el centro del daño puesto que su estructura tiende a atraer una mayor porción de las fuerzas del temblor. En algunos casos, las escaleras pueden ser externas y como en el caso del hospital de Olive View, en San Fernando en 1971, simplemente se desprenden del edificio, quedando atrapadas las personas en los pisos superiores.

Por lo tanto, considere los problemas de egreso luego de un terremoto y tome las medidas estructurales y no estructurales apropiados para evitar estos problemas.

#### **Manejo de Programas de Protección No Estructural para Terremotos**

- \* Adecúe su programa para que se ajuste al organigrama de su hospital y a sus métodos de operación.
- \* Recuerde que aquello que se implemente deberá mantenerse indefinidamente. Algunas ideas tienen sentido a corto plazo, pero no tienen sentido a largo plazo.
- \* Implemente un programa donde se realicen controles y pruebas de calidad regularmente. Tan solo los terremotos reales probarán su esfuerzo, pero las inspecciones ayudan.
- \* La administración del hospital debe participar para fijar políticas y comprometer presupuesto. Todos los empleados deben conocer el soporte que ofrece la administración.
- \* Sea preciso en sus evaluaciones y estimativos de daño potencial para poder determinar con precisión los costos. Así disminuirá la oposición al plan.
- \* Establezca una estrategia general, escogiendo las opciones que mejor satisfagan los objetivos al más bajo costo.

- \* Reconozca la importancia de la coordinación inter-departamental. Cerciórese de que las medidas de ajuste no molesten o interfieran en la labor de enfermeras y médicos .
- \* Comience con éxito, escoja como sus primeros proyectos aquellos que sean factibles, visibles y con mayor efectividad desde el punto de vista de costos.

### Referencias

A continuación presentamos una lista detallada de fuentes de disposiciones sísmicas estructurales y no estructurales para hospitales. Es imposible incluir aquí todos los detalles técnicos y de ingeniería.

1. Reitherman, Robert. Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage: A Practical Guide. Bay Area Earthquake Preparedness Project, San Francisco, CA USA. 1986.
2. Arnold, Chris, et al. Seismic Considerations for Health Care Facilities. FEMA #150, EHRS 35. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C USA. 1987.
3. Anonymous. Seismic Protection Provisions for Furniture, Equipment, and Supplies for Veterans Administration Hospitals. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C. USA. 1987.
4. Anonymous. Instructor Guide for Nonstructural Earthquake Mitigation for Hospitals and other Health Care Facilities. Curso ofrecido por Emergency Management Institute, Emmitsburg, Maryland, USA. 1988.
5. Anonymous. Student Manual for Nonstructural Earthquake Mitigation for Hospitals and Other Health Care Facilities. Curso ofrecido por Emergency Management Institute, Emmitsburg, Maryland, USA. 1988.
6. Grases, Jose, et al. Analisis de riesgo en el Diseño de Hospitales en Zonas Sísmicas. Pan American Health Organization, Washington, D.C. USA u Organización Panamericana de la Salud, Lima, Perú. 1989.