

## **2.- DAÑO NO-ESTRUCTURAL**

Asumiendo que el colapso físico puede ser relativamente atenuado ya sea por la capacidad sismo-resistente del edificio o por la aplicación de obras de refuerzo estructural, es necesario reconocer que aún en sismos moderados, la posibilidad de daño a elementos no estructurales es alta por lo que las siguientes líneas se entregan con el fin de permitir comprender mejor los daños que un sismo puede ocasionar.

La principal recomendación a tener en cuenta al momento de analizar los componentes No-Estructurales es que en lo posible las soluciones destinadas a evitar el daño deben de ser simples y fáciles de ser aplicadas por el personal de Mantenimiento y Conservación del Hospital. Sin embargo, existirán soluciones que escapan al conocimiento técnico de este personal; estas soluciones exigen de la participación de profesionales expertos en el diseño de soluciones sismo-resistentes.

### **A. TIPOS DE RIESGO**

En primer lugar tenemos que reconocer la existencia de tres tipos de Riesgo debidos a fallas en el Componente No-Estructural:

#### **1. Riesgo para la Vida:**

Es el mayor riesgo a enfrentar en una edificación (principalmente en un hospital).

La posibilidad de lesiones producidas por la caída o rotura de elementos No-Estructurales es bastante alta; la rotura de vidrios, la caída de equipos y muebles sobre personas, la posibilidad de incendios debidos a fugas de gas o derrames de combustible, son amenazas que ponen en riesgo la vida de los usuarios de la edificación.

## **2. Riesgo de Pérdida del Bien:**

En términos de costos de infraestructura hospitalaria, las estructuras significan del 20% al 30% del valor de una edificación, siendo el porcentaje restante el costo de los elementos No-Estructurales.

La posibilidad de perder equipos, muebles o acabados arquitectónicos durante un sismo es bastante alta, tanto así que en términos globales podemos atribuir que del total de pérdidas físicas debidas a un terremoto se estima que la tercera parte corresponde al contenido interior de las edificaciones, es decir, al equipamiento y mobiliario.

Al respecto no podemos olvidar que los hospitales contienen equipos sofisticados y costosos, los cuales muchas veces son únicos a nivel de una ciudad o país, con lo que el impacto de pérdida es prácticamente incalculable (un equipo prioritario inoperativo también significa la pérdida de apoyo vitales en el momento más requerido).

Estos tres tipos de riesgo pueden ser mitigados aplicando rigurosas medidas de protección durante el proceso de instalación de los equipos (nunca olvidar que estamos en una zona sísmica), contemplando igualmente la aplicación de criterios sismo-resistentes durante el proceso constructivo, o bien aplicando las medidas correctivas luego de haber realizado un diagnóstico de Vulnerabilidad No-Estructural de la edificación existente.

No podemos olvidar que el principal objetivo de un hospital es el de apoyo y socorro inmediato a la población ante la ocurrencia de un desastre sísmico, así como garantizar la supervivencia de todos sus

ocupantes. En tanto estos dos objetivos no pueden ser cumplidos estaremos frente a un hospital vulnerable, lo contrario significara la seguridad y garantía de un apoyo eficaz e inmediato.

### **3. Riesgo de Perdida Funcional:**

El Colapso Funcional de una edificación involucra la perdida de energía y abastecimiento de agua debido a fallas externas a la edificación, igualmente la posibilidad de inaccesibilidad debido a caos poblacional o perdida de medios de transporte luego de ocurrido un desastre significan un inmediato desabastecimiento de los servicios con la consiguiente salida de funcionamiento del Hospital (asumiendo que no cuenta con medios para enfrentar emergencias tales como grupos electrógenos, almacenamiento de agua de reserva, stock de víveres y medicinas para más de 72 horas, etc).

La salida de funcionamiento también significa amenaza a la vida, pues si el hospital no cuenta con medios propios para garantizar apoyo energético de emergencia, los equipos destinados al soporte de vida estarían en riesgo de perder su capacidad de funcionamiento.

# **TIPOS DE RIESGO**

***EXISTEN TRES TIPOS DE RIESGO DEBIDO A FALLAS EN EL COMPONENTE NO-ESTRUCTURAL:***

**¿ESTE OBJETO, EQUIPO, INSTALACIÓN, MUEBLE O ELEMENTO PUEDE LESIONAR A ALGUNA PERSONA DURANTE UN SISMO?**

## **RIESGO PARA LA VIDA**

**¿HABRÁ UNA IMPORTANTE PÉRDIDA ECONÓMICA EN CASO DE QUE EL BIEN AFECTADO POR EL SISMO SUFRA DAÑO?**

## **RIESGO DE PÉRDIDA DEL BIEN**

**DEBIDO A LOS DAÑOS PROVOCADO POR EL SISMO:**

**¿LA INTERRUPCIÓN Y ESCASEZ DE LOS SERVICIOS PONDRÁ EN PELIGRO EL FUNCIONAMIENTO DE LAS DISTINTAS ÁREAS DEL HOSPITAL?**

## **RIESGO DE PÉRDIDA FUNCIONAL**

## **B. CAUSAS DE DAÑO NO-ESTRUCTURAL DE ORIGEN SÍSMICO**

Tres son los efectos que un sismo produce en los elementos No-Estructurales de una edificación:

### **1. Fuerzas debido a la Inercia:**

Al ocurrir un sismo las edificaciones vibran de acuerdo a la energía que se libera, siendo la base del edificio la que se mueve al unisono con el suelo. Sin embargo todo el edificio y su contenido experimentan fuerzas de inercia las cuales provocarán que los objetos y personas sufran efectos de volteo o desplazamiento, cayendo o golpeándose entre sí.

Por lo tanto equipos mal anclados, muebles en general y los objetos puestos en repisas, mesas ó anaqueles se deslizarán, voltearán y caerán, generándose daños los cuales estarán en proporción a la masa del objeto y a la aceleración de la onda sísmica, es decir:

- La inercia debida a la fuerza sísmica será mayor si la masa del objeto es mayor (mayor peso del objeto), o si la aceleración sísmica es mayor.
- Al respecto la primera ley de la física formulada por Newton sintetiza este razonamiento:

Fuerza = Masa x Aceleración

$$\mathbf{F} = \mathbf{M} \times \mathbf{A}$$

En donde la masa (M) es el peso del objeto afectado por el sismo, la aceleración (A) es la energía o fuerza sísmica liberada y la fuerza (F) es la energía que el objeto absorbe.

## **2. Distorsión de la Estructura del Edificio:**

Durante un sismo las estructuras sufren deformaciones o distorsiones a todo lo largo y ancho de la edificación que sostienen en respuesta a las fuerzas sísmicas.

Esta distorsión puede significar que la parte superior del edificio se desplace desde unos pocos milímetros a varios centímetros, dependiendo de la altura de la edificación, de la rigidez de sus estructuras y de la magnitud del sismo.

- Al ocurrir esta deformación de las estructuras, todos aquellos elementos que se hallen confinados entre las columnas ó muros portantes como son las ventanas, tabiques o cielos rasos suspendidos sufrirán violentos efectos de tracción y compresión. Dependiendo de las características del material, de su rigidez o elasticidad o de la separación existente entre éste y el marco que lo soporta, vidrios, tabiques y cielos rasos podrán estallar, rajarse o caerse al ser sobrepasados los límites de resistencia de los medios de soporte.

En tal sentido la mayoría de componentes arquitectónicos tales como ventanas, divisiones, tabiques, cielos rasos suspendidos o adheridos, se verán afectados debido a este tipo de distorsión, más no por las fuerzas debidas a la inercia sísmica.

Existe también la posibilidad de que elementos No-Estructurales muy rígidos causen el colapso de las estructuras, (efecto de la columna corta) sin embargo este tipo de daño se considera como parte del análisis estructural y no es visto en este componente.

### **3. Separación inadecuada entre edificios (Junta Sísmica):**

La Junta Constructiva o Junta de Separación Sísmica es la separación existente entre dos estructuras ó cuerpos de una misma edificación. Su función principal consiste en permitir que cada cuerpo del edificio se mueva independientemente.

La junta de separación sísmica (Junta Sísmica) se utiliza con el fin de permitir acomodar los movimientos laterales que se producen durante un temblor o terremoto.

Por razones funcionales, muchas veces ocurre que las instalaciones o líneas vitales de un edificio, al igual que los acabados arquitectónicos se proyectan y atraviesan por estas juntas o separaciones exigiendo de parte de los ingenieros y arquitectos la consideración de aplicar soluciones adecuadas (Juntas flexibles o interrupción física del acabado) a fin de evitar la rotura de las instalaciones o acabados.

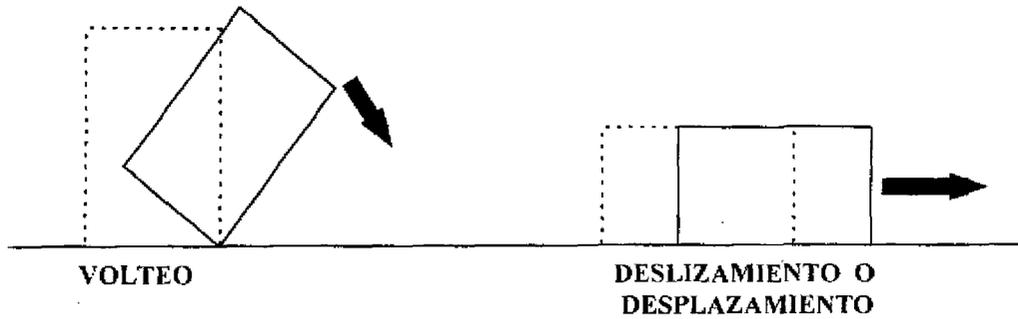
Sin embargo muchas veces esa separación no es la adecuada o no se contempla el uso de elementos flexibles en esa junta, con lo que el riesgo de daño generado por la fuerza sísmica es bastante probable pues el efecto principal consistirá en que cada cuerpo del edificio se moverá independientemente, aproximándose y alejándose entre sí, con el consiguiente sometimiento de las tuberías y acabados a efectos de tracción, compresión y corte, haciendo que estos elementos sufran un severo daño

Otra posibilidad de daño esta referido la inadecuada separación entre cuerpos (más corta de lo debido), con el consiguiente efecto durante el sismo, los cuerpos golpeándose entre sí, causando daños a la propia

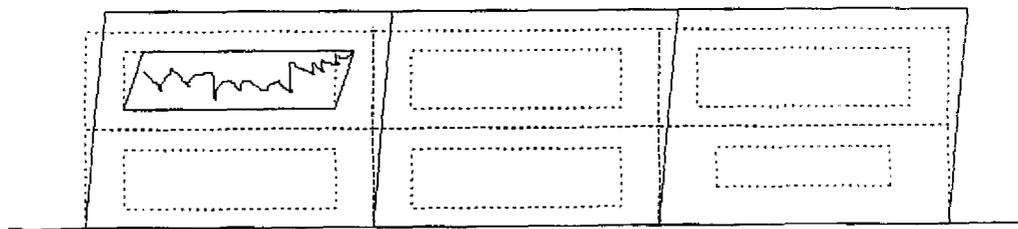
estructura y por consiguiente a los elementos No-Estructurales comprometidos con ella.

Habitualmente ocurrirá que el espacio libre éntre los cuerpos se halla relleno de material constructivo generando la obstrucción de esta y su consiguiente daño al ocurrir el sismo, pues al generarse movimientos de compresión y separación entre los edificios todo este material de relleno se pulverizara o quebrara y caerá al interior del edificio, creando la falsa creencia de que se está produciendo el colapso estructural de la edificación. Es muy importante la previsión, de Juntas Constructivas adecuadas al volumen y area construida cuando se proyecten ampliaciones en el hospital.

# CAUSAS DE DAÑO NO-ESTRUCTURAL DE ORIGEN SISMICO



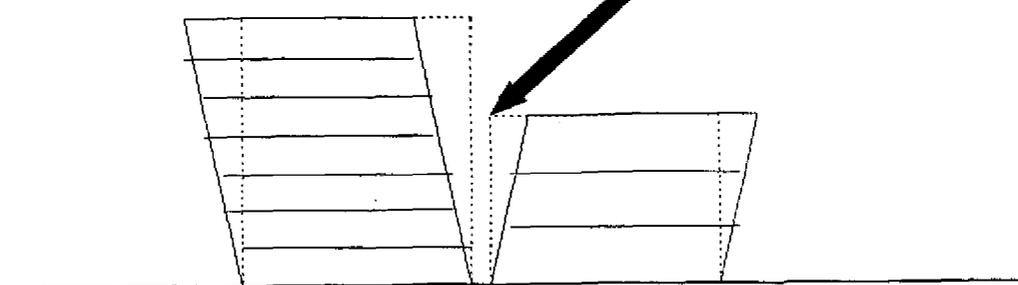
FUERZAS DEBIDAS A LA INERCIA



DISTORSIÓN DE LA ESTRUCTURA

DEFORMACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

POSIBILIDAD DE ROTURA DE TUBERÍAS O DUCTOS DEBIDO A DESPLAZAMIENTO DIFERENCIAL DE LA JUNTA CONSTRUCTIVA



SEPARACIÓN INADECUADA ENTRE EDIFICIOS

## C. REDUCCIÓN DE DAÑO NO-ESTRUCTURAL

### 1. Tipos de Daño:

A partir de las causas que originan daño No-Estructural podemos establecer un listado de las posibles formas de como los elementos No-Estructurales serán afectados por las fuerzas sísmicas:

#### a. Volteo

Es el daño más común y serio que se enfrenta en un sismo. Su ocurrencia dependerá del tamaño del objeto (a mayor altura, mayor probabilidad de volteo), de su mayor peso y esbeltez, así como también de su contenido. (substancias inflamables o contaminantes ubicados en partes altas de repisas no ancladas a muros, por ejemplo).

#### **Deslizamiento o Desplazamiento:**

La posibilidad que los objetos se desplacen debido a la fuerza del sismo conlleva un peligro severo dependiendo del tipo de objeto: Monitores sobre ruedas, que se desplazan y desconectan de sus tomas eléctricas, pacientes en camas o camillas rodables que pierden conexión con las salidas de oxígeno empotradas, tuberías que al desplazarse se rompen y causan inundaciones o, equipos rodables desplazándose libremente y chocando o golpeándose entre si o con personas. Son efectos comunes durante un sismo. Igualmente el desplazamiento del contenido de armarios y repisas se considera en esta categorización de daño No-Estructural.

**c. Caída:**

Artefactos eléctricos y equipos sostenidos en cielos rasos, fluorescentes, ductos de aire acondicionado, ventiladores fijos, tuberías, etc., así como lámparas cialíticas, equipos de R-X y el propio cielo raso son candidatos a sufrir daños por caída.

Igualmente la caída violenta de botellas, frascos y objetos de repisas y armarios luego de su deslizamiento o desplazamiento entra en esta categoría.

**d. Deformación impuesta:**

Al respecto ya se comentó en el capítulo anterior. Este tipo de daño está fundamentalmente relacionado al comportamiento estructural de la edificación.

Principalmente las ventanas y tabiques sufren los efectos de este tipo de daño.

**e. Daño interno:**

Equipos electrónicos con instalaciones internas sensibles o frágiles (circuitos integrados, pantallas de cristal líquido, conexiones milimétricas, etc.) al ser violentamente sacudidos enfrentan riesgo de fallar y quedar inoperativos.

Equipos grandes y pesados sobre aisladores de vibración sin protección sísmica igualmente sufrirían daño por el exceso de vibración.

**f. Impacto o Choque entre objetos:**

Los objetos colgados pueden oscilar violentamente sin llegar a caerse, golpeando a otros objetos o personas (lámparas ciálicas de techo cuyas articulaciones estén flojas, oscilan y podrán golpear a las personas que allí se encuentren).

Las tuberías pueden sufrir los efectos de oscilación mientras estén colgadas, y romperse violentamente en aquellos lugares de mayor rigidez, es decir cuando pasan a través de los muros o se empotran en estos, o cuando se empalman con otras tuberías de igual o mayor diámetro.

## REDUCCION DE LA VULNERABILIDAD NO ESTRUCTURAL

### TIPO DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES MAS COMUNES

(a) - VOLTEO

(b) - DESLIZAMIENTO Y/O DESPLAZAMIENTO

(c) - CAÍDA

(d) - DEFORMACIÓN IMPUESTA

(e) - DAÑO INTERNO

(f) - IMPACTO O CHOQUE ENTRE OBJETOS

## **2. Reducción de Daño No-Estructural**

La principal recomendación a tener en cuenta al momento de analizar los componentes No-Estructurales es que en lo posible las soluciones destinadas a evitar el daño deben de ser simples y fáciles de ser aplicadas por el personal de Mantenimiento y Conservación del Hospital. Sin embargo, existirán soluciones que escapan al conocimiento técnico de este personal; estas soluciones exigen de la participación de profesionales expertos en el diseño de soluciones sismo-resistentes.

Opciones de reducción o mitigación de daño:

### **a. Reforzar el elemento de soporte o sostén:**

La posibilidad de reforzar los anclajes o de arriostrar los elementos de soporte se incluye en esta opción.

Al reforzar los soportes estamos asegurando el objeto a fin de prevenir daños debidos a volteo, desplazamiento y caída por la acción de fuerzas inerciales.

### **b. Reemplazar:**

La posibilidad de reemplazar objetos que no cuentan con mecanismos de protección sísmica adecuada por otros que si los tienen es una opción a considerar principalmente cuando los hospitales realizan acciones de re-equipamiento (al dar de baja equipos viejos u obsoletos) o durante el proceso de remodelación y ampliación.

**c. Reubicar:**

No siempre se puede reducir la posibilidad de daño físico (principalmente por los altos costos involucrados), sin embargo es más fácil reubicar en zona segura el objeto sometido a la amenaza que anular dicha amenaza.

**d. Respeto a los manuales de instalación y montaje de los equipos, y a los Reglamentos de Construcción de Edificios:**

Muchos objetos son instalados sin seguir las especificaciones y recomendaciones del fabricante, con lo que se crea un factor de Vulnerabilidad Mayor.

Igualmente el desconocimiento o la no aplicación de las recomendaciones de los reglamentos constructivos provoca un elevado número de pérdidas por causa de sismo.

**e.- Aplicación de Planes de Mitigación de Corto y Mediano Alcance:**

La priorización de aplicación de medidas correctivas de acuerdo a la importancia de los objetos evaluados exige de un plan de acción e inversión para su mitigación que no debe ser ignorado. La necesidad de realizar evaluaciones periódicas a los elementos No-Estructurales es una acción obligatoria si se quiere estar permanentemente actualizado y preparado.

**f. Tener Planes de Contingencia:**

Conocida la limitación funcional del establecimiento fácilmente se puede programar el apoyo requerido. Por ejemplo se puede comprometer el abastecimiento de emergencia de agua, energía o combustible si se sabe que los stocks son muy limitados.

## **D. CUADROS SINTESIS:**

### **1. Criterios de Evaluación de los Elementos No-Estructurales**

#### **A.- ELEMENTOS PRIORITARIOS**

En general se consideran como Elementos Prioritarios a ser evaluados a todos aquellos equipos y objetos que contienen toda o algunas de las siguientes características:

- Equipos y objetos altos, pesados y funcionalmente importantes.
- Equipos y objetos que contienen materiales y sustancias peligrosas.
- Equipos y objetos costosos.

Descartándose como prioritarios aquellos que son pequeños, ligeros, no esenciales, de poco valor y que no contienen materiales y sustancias peligrosas.

## B.- OTROS ELEMENTOS A EVALUAR

Todos aquellos que por su disposición y ubicación generan una respuesta afirmativa a cualquiera de las tres preguntas siguientes:

- ¿Este objeto, equipo, instalación, mueble o elemento arquitectónico, puede lesionar a alguna persona durante un sismo?.

Por ejemplo: Los objetos peligrosos para la vida son los que podrían infligir traumatismos debilitadores o empeorar el estado de un paciente internado. La primera definición se aplica al personal. (Una magulladura o una cortadura poco profunda es algo tolerable, pero una fractura o una medida profunda no lo es, porque impide que el empleado desempeñe sus funciones), la segunda se refiere al paciente.

### RIESGO PARA LA VIDA

- ¿Habrá una importante pérdida económica en caso de que el bien afectado por el sismo sufra daño?.

### RIESGO DE PERDIDA DEL BIEN

- Debido a los daños provocados por el sismo ¿La interrupción y escasez de los servicios pone en peligro el funcionamiento de las áreas críticas del hospital?.

### RIESGO DE PERDIDA FUNCIONAL

## **2. Listado de Objetos que generan riesgos en un hospital.**

Se deben considerar las situaciones que generen riesgo para la seguridad del personal y pacientes revisando y analizando lo siguiente:

### **Listado de Objetos:**

- a. Archivadores, andamios, vitrinas, etc.
- b. Contenido del interior de gabinetes, armarios, estantes, etc.
- c. Depósitos de combustible.
- d. Divisiones interiores entre ambientes, fijas o portátiles (tabiques)
- e. Equipos electromédicos de gran valor monetario para el hospital.
- f. Falta de compensadores de expansión y juntas flexibles en las instalaciones sanitarias, mecánicas, de vapor, etc.
- g. Gases en laboratorio.
- h. Juntas de Dilatación constructivas poco distanciadas.
- i. Materiales Inflamables.
- j. Objetos de mas de 5 kilos de peso que no estén fijos y en altura (+1.50 mts.)
- k. Objetos de menos de 5 kilos de peso con bordes afilados o de vidrio.
- l. Objetos que contengan sustancias tóxicas o contaminantes.
- m. Objetos que presentan peligro ante el fuego, como: aerosoles, cilindros de oxígeno, gas propano, gas anestésico, reactivos químicos,
- n. Objetos sobre los 25 kilos de peso que puedan deslizarse o rodar en el piso.
- o. Sistemas que se puedan desconectar o tener fallas; que tengan como prioridad el mantenimiento de la vida de los pacientes y/o usuarios.
- p. Tanques de agua, piscinas de hidroterapia.
- q. Teléfonos públicos, Centrales de Comunicación internas y externas (pérdida de comunicación)
- r. Todo el equipo eléctrico utilizado cerca de materiales y sustancias inflamables o explosivas.

## **REDUCCIÓN DE DAÑO NO-ESTRUCTURAL**

- **REFORZAR EL ELEMENTO DE SOPORTE O SOSTÉN**
- **REEMPLAZAR**
- **REUBICAR**
- **RESPECTO A LOS MANUALES DE INSTALACIÓN Y MONTAJE DE LOS EQUIPOS**
- **APLICACIÓN DE PLANES DE MITIGACIÓN DE CORTO Y MEDIANO ALCANCE.**
- **TENER PLANES DE CONTINGENCIA.**

### **3. Peligros mas comunes originados por Daño No-Estructural**

Algunos de los peligros son los siguientes:

- a. Caída de elementos que cuelgan de la pared (relojes, televisores, cuadros, señalización).
- b. Choque o impacto entre objetos que se desplazan o ruedan por el piso.
- c. Cilindros de gas caídos
- d. Contacto con líquidos corrosivos ó reactivos químicos.
- e. Corte de suministro eléctrico a equipos de soporte de vida (UCI, UTI, Neonatología, etc.)
- f. Descarga eléctrica por rotura de conexiones.
- g. Equipos de Aire Acondicionado inoperativos por desplazamiento y/o caída.
- h. Equipos de cocina y lavandería volcados y su contenido derramado.
- i. Impacto de objetos sueltos que caen de gran altura.
- j. Incendios y explosiones por fugas de gas o combustible.
- k. Interrupción de vías de escape por obstrucción debido a objetos caídos.
- l. Luminarias, parapetos, enchapes, cielos rasos y barandas caídos.
- m. Monitores, respiradores y maquinas de succión, etc. que se desconectan o averian.
- n. Muebles y equipos con bordes puntiagudos.
- o. Objetos que se desplazan y caen desde estantes y gabinetes.
- p. Objetos rodables (carros móviles, carros de anestesia, mesas, equipos portátiles, sillas de ruedas, camillas, etc) moviendose sin control.
- q. Quemaduras producidas por vapor o tuberías de agua caliente rotas, calentadores de agua caidos o válvulas dañadas.
- r. Sistemas de computación inoperativos por fallas internas.
- s. Vidrios rotos de ventanas, armarios, etc. que caen por el acto de quebrarse.

**4. Equipo y Mobiliario fácilmente asegurable por el personal del hospital:**

- a. Archivadores
- b. Armarios
- c. Artefactos de Iluminación fijos y suspendidos
- d. Calentadores de Agua tipo domiciliario
- e. Casilleros Metálicos
- f. Cilindros de gas propano licuado y de oxígeno.
- g. Contenido de Anaqueles
- h. Equipo Pequeño (sobre repisas) o portátil
- i. Mobiliario Pequeño
- j. Pizarras
- k. Vitrinas

**5. Equipo y Mobiliario que requiere de instalación por especialistas**

- a. Depósitos de líquidos (cisternas de agua, tanques de combustible y oxígeno líquido, etc.)
- b. Equipo mecánico en general (bombas, ventiladores, líneas de vapor, etc)
- c. Equipos eléctricos grandes (transformadores, sub-estaciones)
- d. Equipos Electrónicos
- e. Equipos médicos pesados o grandes (maquinas de R-X, tomógrafos, etc.)
- f. Equipos no críticos, potencialmente peligrosos y de gran valor: como en medicina nuclear.
- g. Muros que sirven de soporte a repisas empotradas o que tienen equipo pesado, anclado a este.

## **6. Equipos Médicos que requieren de restricción sísmica**

La siguiente lista presenta una muestra de los equipos médicos que requieren de restricción sísmica al ser instalados:

- a. Almacenamiento de Químicos.
- b. Analizadores de Sangre.
- c. Anaqueles del Almacén. \*
- d. Carros de Anestesia.
- e. Centrífugas. \*
- f. Cialíticas fijas. \*
- g. Cilindros de gas. \*
- h. Equipo de Quimioterapia.
- i. Equipo de Rayos X. \*
- j. Equipos de Hemodialisis.
- k. Equipos de Laboratorio en general.
- l. Equipos de TV.
- m. Estación Central de la U.C.I.. \*
- n. Monitores.
- o. Respiradores.
- p. Tanques de Oxígeno Líquido. \*
- q. Equipos en Unidades de Cuidados Intensivos. \*

(\*) Los elementos marcados con un asterisco en caso de no ser inadecuadamente protegidos pueden causar un daño mayor que el probable esperado.

**7. Equipos Médicos y Elementos Arquitectónicos que exigen de especial cuidado en su instalación:**

La selección de los Elementos No-Estructurales que a continuación se muestra requiere de especial cuidado en su instalación.

- a. Ascensores y montacargas.
- b. Banco de Sangre.
- c. Bombas y motores.
- d. Centrales telefónicas y de radio.
- e. Equipos de Cocina.
- f. Equipos de Laboratorio.
- g. Equipos de Rayos X, Imagenología.
- h. Equipos médicos sostenidos en el techo.
- i. Equipos metálicos y eléctricos.
- j. Falso Cielo Rasos (suspendidos y pegados adheridos).
- k. Grupos electrógenos, baterías, depósitos de combustibles.
- l. Reservorios de agua (cisternas).
- m. Soportes de equipos (Racks) a mas de 1.50 mt. de alto..
- n. Tabiques y separadores interiores.
- o. Tuberías en general.
- p. Tuberías para agua contra incendios (humeda y red seca).
- q. Vitrinas a mas de 1.50 mts. de alto.