

Utilizando el trabajo de Meli, Astroza et al.(1993) establecen un criterio para calificar sísmicamente los edificios de albañilería. La calificación se hace a partir de la relación empírica entre el nivel de daño observado y el índice de densidad de muros propuesto por Meli (1991).

Para determinar la relación indicada se utilizaron los daños observados en este tipo de edificios durante el sismo de Chile del 3 de marzo de 1985, junto con la información usada por Meli. La base de datos son 17 edificios ubicados en la ciudad de Santiago, los que experimentaron distintos niveles de daño durante el sismo del 3 de marzo de 1985. Estos edificios se ubican en distintos sectores de la ciudad donde el grado de intensidad varió entre 7 y 8 grados de la escala de Mercalli Modificada.

La relación entre el nivel de daños y la densidad de muros por unidad de piso propuesta por Astroza et al. 1993, se indica en la tabla 3.7. La descripción de las categorías de daños se entregan en la tabla 3.8.

Tabla 3.7 Relación entre el nivel de daños y la densidad de muros, (Astroza et al.,1993).

Nivel de Daños	Categoría de Daños	Densidad de muros I_{mm}
Daño Leve	0 y 1	$I_{mm} > 0.0115$
Daño Moderado	2	$0.0085 < I_{mm} \leq 0.0115$
Daño Severo	3	$0.005 < I_{mm} \leq 0.0085$
Daño Grave	4 y 5	$I_{mm} \leq 0.005$

Tabla 3.8 Categoría de Daños

Categoría	Extensión de daño en general	Acción a adoptar
0.- Sin daño	Sin daño	No se requiere acción
1.- Daño no estructural pequeño	Grietas finas en estuco, caída de trozos de estuco en zonas limitadas	No se requiere evacuar el edificio. Se requieren sólo reparaciones arquitectónicas.
2.- Daño estructural pequeño	Pequeñas grietas en muros de albañilería, desprendimiento de grandes trozos de estucos en zonas extendidas. Daños en elementos no estructurales como chimeneas, cornisas, etc. La capacidad resistente de la estructura no está reducida apreciablemente. Fallas generalizadas en los elementos no estructurales.	No se requiere evacuar el edificio. Son necesarias reparaciones arquitectónicas para asegurar su conservación.
3.- Daño estructural moderado	Grietas grandes y profundas en muros de albañilería, extenso agrietamiento en muros, columnas y machones de hormigón armado. Inclinación o caída de chimeneas, estanques y plataformas de escalas. La capacidad resistente de la estructura está parcialmente reducida.	Se debe alzaprimar y evacuar el edificio para reocuparlo después de la restauración y refuerzos. Es necesario ejecutar una restauración estructural y un refuerzo sísmico, anterior al tratamiento arquitectónico.
4.- Daño estructural severo	Se caen trozos de muros, se parten los muros interiores y exteriores, y se producen desplome entre sus trozos. Corte en elementos que unen partes de edificios. Aproximadamente falla un 40% de los elementos estructurales principales. El edificio toma una condición peligrosa.	Se debe alzaprimar y evacuar el edificio. Este debe ser demolido o exige extensos trabajos de restauración y refuerzo antes de ser ocupado nuevamente.
5.- Colapso	Colapso de una gran parte o el total del edificio.	Despejar el sitio y reconstruir.

Estas relaciones empíricas se utilizarán en este trabajo para establecer la vulnerabilidad de los pisos en que predominan los muros de albañilería. De esta forma en los pisos que predominan los muros de albañilería, los pocos muros de hormigón armado que existen se incluyen como muros equivalentes de albañilería de igual resistencia al corte, transformando el área de su sección transversal de acuerdo con lo indicado en 3.2.4.2. En el cálculo del área tanto de los muros de albañilería como de los muros de hormigón armado se incluye el factor de reducción recomendado por Meli (1991), con lo cual se considera la menor rigidez de los muros en los que la relación entre la altura (H) y la longitud (L) excede de 1.33.

3.2.3.1 Valor mínimo para el Índice de Meli.

Considerando que en los edificios seleccionados las albañilerías se construyen en su mayoría con unidades de fabricación artesanal y con un confinamiento muchas veces imperfecto, especialmente en torno de las aberturas de los paños de albañilería (puertas y ventanas), el límite para calificar la vulnerabilidad se establece usando la relación entre el índice E_o de la expresión del índice de Hirosawa (I_2 cuando S_D y T son iguales a 1) y el índice I_{mm} dada por la ecuación 3.25:

$$E_o = \frac{(0.6*(0.45*\tau_o+0.25n))}{W_o} * \frac{(n+1)}{(n+i)} * I_{mm} \quad \text{Ec. 3.25}$$

con:

i = número del piso analizado.

W_o = peso promedio ponderado por área para cada piso.

τ_o = Tensión normal debido al esfuerzo axial.

Para establecer el valor límite del índice de Meli se considera $E_o = (I_{so})_{ult}$ ($R=2$), resultando para cada piso del edificio:

$$(I_{mm})_{mín} = \frac{(n+i)}{(n+1)} * \frac{W_{oi}}{(0.6*(0.45*\tau_o+0.25n))} * (I_{so})_{ult} \quad \text{Ec. 3.26}$$

Los edificios seguros son aquellos donde se cumple que:

$$I_{mm} \geq (I_{mm})_{mínimo} (R=2)$$

3.2.4 Variación de las características del edificio con la altura.

La determinación de la variación de las cualidades estructurales a lo alto del edificio se realiza como un dato adicional para detectar las irregularidades que representan ciertos riesgos ante la acción de un sismo.

Con este propósito y complementando las características consideradas en el término S_D del índice I_2 del método de Hirosawa, se reúne información sobre:

- a) Variación del área de planta entre pisos consecutivos.
- b) Variación de la resistencia entre pisos consecutivos.
- c) Variación de la rigidez de entrepiso.
- d) Excentricidad del piso.
- e) Variación del peso entre pisos consecutivos.

Para evaluar cualitativamente estas variaciones se hace uso de los límites que establecen las normas de diseño sísmico (Costa Rica, 1986; México, 1987; FEMA, 1989) para identificar los sistemas regulares. Estos límites deben ser evaluados en conjunto para calificar la regularidad de la estructura.

La forma de calcular estas propiedades y los límites con los que se hace la calificación de cada una de ellas, se detallan a continuación.

3.2.4.1 Variación del área de planta entre pisos consecutivos.

Esta variación deja en evidencia las posibles estrangulaciones que puede presentar la planta de la estructura. El área de la planta se calcula a partir del área encerrada por los ejes

sismorresistentes exteriores.

La calificación del edificio desde este punto de vista se realiza con la relación entre el área de la planta del piso analizado (A_{pi}) y el área del piso inmediatamente superior (A_{pi+1}), siempre y cuando exista éste, y considerando:

$$\begin{aligned}
 0.8 \leq \frac{A_{pi}}{A_{pi+1}} \leq 1.4 & \quad \text{Bueno} \\
 0.6 \leq \frac{A_{pi}}{A_{pi+1}} < 0.8 \quad \text{o} \quad 1.4 < \frac{A_{pi}}{A_{pi+1}} \leq 2.4 & \quad \text{Regular} \\
 A_{pi} < 0.6 \quad \text{o} \quad \frac{A_{pi}}{A_{pi+1}} > 2.4 & \quad \text{Malo}
 \end{aligned}
 \tag{Ec. 3.27}$$

3.2.4.2 Variación de la resistencia entre pisos consecutivos.

Para determinar esta variación se considera que la resistencia es proporcional al área de la sección transversal de los elementos que resisten la acción sísmica en la dirección analizada. Para calcular las áreas se trabaja con el material que predomina en el piso y en la dirección analizada, para lo cual se hace uso de los factores de transformación FR_1 y FR_2 con los que se transforma una sección de albañilería a una de hormigón armado de igual resistencia al corte y una sección de hormigón a una de albañilería de igual resistencia al corte respectivamente. Las expresiones de estos factores son las siguientes:

$$FR_1 = \frac{(0.23 * \tau_o + 0.12 * \sigma_o)}{0.29 * f_c^{0.5}}
 \tag{Ec. 3.28}$$

donde:

- f_c = resistencia cilíndrica a la compresión del hormigón, en kgf/cm^2 .
- τ_o = resistencia básica de corte de la albañilería, en kgf/cm^2 .
- σ_o = tensión normal debido a la acción de las cargas verticales, en kgf/cm^2 .

El valor de la tensión normal se calcula como se describe en el índice de Hiroswawa.

Para establecer el predominio de los elementos verticales de hormigón armado o de albañilería en un piso y una dirección dada, se usa el siguiente criterio:

Si $FC \leq 0.2$ predominan los muros de albañilería.

Si $FC \geq 0.8$ predominan los muros de hormigón armado.

donde:

$$FC = \frac{A_h * FR_2}{A_h * FR_2 + A_a} \quad \text{Ec. 3.29}$$

$$FR_2 = \frac{1}{FR_1} \quad \text{Ec. 3.30}$$

en que:

A_h = Suma de área de elementos resistentes de hormigón en la dirección y nivel analizado.

A_a = Suma de área de elementos resistentes de albañilería en la dirección y nivel analizado.

La calificación del edificio desde este punto de vista se realiza con la relación entre la resistencia del piso (R_i) y la resistencia del piso inmediatamente superior (R_{i+1}). La calificación es buena cuando la relación cumple:

$$\frac{R_i}{R_{i+1}} \geq 0.8 \quad \text{Ec. 3.31}$$

en caso contrario es considerada mala.

3.2.4.3 Variación de la rigidez entre pisos consecutivos

Para el cálculo de la rigidez de entre piso se utilizan las fórmulas simplificada de flexión o corte.

La rigidez de entrepiso de los muros y columnas para edificios de más de tres pisos se calcula por flexión mediante la ecuación:

$$k = \frac{12 * E * I}{h^3} \quad \text{Ec. 3.32}$$

donde:

h = altura libre del elemento.

E = módulo de elasticidad del material del elemento.

I = momento de inercia de la sección transversal bruta.

En el cálculo del momento de inercia de la sección transversal de los muros de hormigón armado, se considera la contribución de los muros perpendiculares según las recomendaciones de la norma ACI-318 (ACI, 1984). La inercia de los muros de albañilería confinada se calcula aplicando el método de la sección transformada para considerar la heterogeneidad de la sección, trabajando con una sección equivalente de albañilería.

La rigidez de entrepiso de los muros para edificios de menos de tres pisos se calcula por corte mediante la ecuación:

$$k = \frac{G * A}{h} \quad \text{Ec. 3.33}$$

$$G = 0.4 * E \quad \text{Ec. 3.34}$$

Donde:

- h = altura libre del elemento.
G = módulo de corte del material del muro.
A = área de la sección transversal del muro.

La rigidez del entrepiso en cada una de las direcciones en que se orientan los elementos que forman la estructura sismorresistente está dada por:

$$K_{xx} \text{ o } K_{yy} = \sum k_{xx} \text{ o } \sum k_{yy} \quad \text{Ec. 3.35}$$

Para calificar el edificio desde este punto de vista se calcula la relación entre la rigidez del piso inmediatamente superior al analizado (K_{i+1}) y la del piso (K_i) y la relación entre el promedio de la rigidez de los tres pisos consecutivos ($\frac{1}{3} * \sum_{j=i+1}^{i+3} K_j$) al piso analizado y la rigidez del piso (K_i). Se considera que el edificio es bueno cuando:

$$0.5 < \frac{K_{i+1}}{K_i} \leq 1.5 \quad \text{Ec. 3.36}$$

y

$$\frac{\frac{1}{3} * \sum_{j=i+1}^{i+3} K_j}{K_i} \leq 1.25 \quad \text{Ec. 3.37}$$

3.2.4.4 Excentricidad del Piso

La excentricidad de cada piso se calcula con las rigideces traslacional y torsional de entrepiso utilizando un solo piso a la vez y aceptando un comportamiento del tipo corte (no

acoplado). Los límites para calificar el edificio desde este punto de vista se establecen en función de la relación de la excentricidad (e_{ix} o e_{iy}) entre el centro de gravedad y el centro de rigidez en una de las direcciones de la planta y el largo de la planta en la dirección de la excentricidad (l_i). Para calificar la situación se considera que si:

$$\begin{aligned} \frac{e_i}{l_i} &\leq 0.1 && \text{Bueno} \\ 0.1 &< \frac{e_i}{l_i} < 0.2 && \text{Regular} \\ \frac{e_i}{l_i} &\geq 0.2 && \text{Malo} \end{aligned} \quad \text{Ec. 3.38}$$

3.2.4.5 Variación del peso entre pisos consecutivos.

El peso de los pisos se calcula considerando las cargas de peso propio y un 25% de la sobrecarga de diseño. Para el caso de los hospitales chilenos se usa la sobrecarga de 300 kgf/m² recomendada por la norma NCh1537.Of86 (INN, 1986).

Para calificar el edificio desde este punto de vista se calcula la relación entre el peso del piso analizado (W_i) y el peso del piso inmediatamente superior (W_{i+1}), considerando que:

$$\begin{aligned} 0.85 &\leq \frac{W_i}{W_{i+1}} \leq 1.15 && \text{Bueno} \\ 0.5 &\leq \frac{W_i}{W_{i+1}} < 0.85 \quad \text{o} \quad 1.15 < \frac{W_i}{W_{i+1}} \leq 1.5 && \text{Regular} \\ \frac{W_i}{W_{i+1}} &< 0.5 \quad \text{o} \quad \frac{W_i}{W_{i+1}} > 1.5 && \text{Malo} \end{aligned} \quad \text{Ec. 3.39}$$

3.2.5 Determinación de los índices a calcular

Para determinar cuál de los índices descritos en los puntos 3.2.1, 3.2.2 y 3.2.3, de este capítulo, se calcularán en cada piso y en cada dirección es necesario saber si predominan los muros de hormigón o de albañilería en el piso y en la dirección analizada. Para definir la predominancia de un material se utiliza el factor FC_j definido en el punto 3.2.4.2.

Dependiendo de las características del piso en la dirección considerada, es decir, del valor del factor FC los índices que se determinan son los siguientes:

1.- Predominio de los muros de hormigón armado ($FC \geq 0.8$).

En estos casos se calculan los índices: I_m , I_c , I_1 e I_2 .

2.- Predominio de los muros de albañilería ($FC \leq 0.2$).

En estos casos se calculan los índices: I_2 e I_{mm} .

3.- Predominio de los pórticos de hormigón armado o cuando no predominan ni los muros de hormigón armado ni los muros de albañilería ($0.2 < FC < 0.8$).

En estos casos se calculan el índice: I_2 . Pero además en aquellos casos en que $FC \leq 0.5$ se calculará también el índice I_{mm} .

Independientemente de los índices que se utilicen, a todas las estructuras se les analiza la características descritas en el punto 3.2.4.

3.2.6 Comentarios al cálculo de la vulnerabilidad.

3.2.6.1 Método de Hirosewa.

Es conveniente destacar algunos aspectos relacionados con el cálculo del índice I_2 , que establece la capacidad que el edificio proporciona para calificarlo desde el punto de vista de su vulnerabilidad estructural.

Término E_o .

Al revisar los términos que intervienen en la expresión con la que se calcula E_o , es conveniente comentar lo siguiente:

- a) De acuerdo con los detalles de diseño usados en los muros de los edificios de hormigón armado construidos en Chile, se observa que en los edificios revisados no se encuentran muros que correspondan al tipo A_{m1} .
- b) La cubicación de los edificios seleccionados permite observar que en los edificios estructurados con muros de hormigón armado y albañilería, los pesos por unidad de área en los distintos niveles de la edificación superan los 1000 kgf/m². Esta característica se debe a la magnitud del espesor de los muros que forman la estructura sismorresistente, al uso de tabique divisorios pesados (albañilerías estucadas), recubrimiento de baldosas de cemento en los pisos, etc.

Esta característica de los edificios seleccionados se indica con el propósito de destacar que cualquier índice que se utilice para calificar la vulnerabilidad estructural deberá considerar esta característica para entender que a igualdad de áreas de muros el comportamiento será más inseguro en la medida que el peso por piso sea mayor debido al aumento de las fuerzas reactivas.

- c) En la ecuación de E_o interviene un factor de reducción (α_i), cuya magnitud depende de las características de las subestructuras verticales que forman el sistema sismorresistente en cada dirección de la planta y cuya falla controla la estabilidad del edificio.

Revisando los valores de este factor se comprueba que lo más desfavorable para una edificación es que existan columnas cortas, muros de relleno de albañilería sin refuerzos o muros de albañilería sin refuerzos (por ejemplo, sin sus dos columnas de confinamiento cuando se trata de un muro de albañilería confinada). Teniendo en cuenta lo desfavorable que puede resultar en la magnitud de E_o la presencia de este tipo de elementos, es necesario considerar el efecto que puede tener su falla en la estabilidad del edificio, total o parcial.

Sobre el particular, Murakami et al.(1992) reconocen que si la falla de estos elementos no compromete la estabilidad de la estructura, el cálculo de E_o debe hacerse despreciándolos. Esto ocurre cuando este tipo de elementos se presenta en pequeña cantidad y su ubicación en la planta permite la transmisión de las cargas gravitacionales por el resto de los elementos sismorresistentes.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el cálculo de E_o se debe hacer un análisis de los efectos que tiene la presencia de elementos con falla frágil (columnas cortas, muros de relleno de albañilería sin refuerzo y muros de albañilería reforzados inadecuadamente) para evitar un cálculo del valor de E_o que pueda resultar muy conservador.

3.3 VULNERABILIDAD DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

La experiencia sísmica en edificaciones en general, ha demostrado que no basta con la existencia de una baja vulnerabilidad estructural para asegurar la función del sistema. Por lo que es imprescindible considerar el hospital como un todo constituido por elementos estructurales, no estructurales y organizativos que se interrelacionan entre si conformando el sistema.

Un movimiento sísmico de baja intensidad puede causar daños no estructurales mayores que los que se originarían en elementos estructurales, y por lo tanto pueden llegar a paralizar el funcionamiento de algunos servicios esenciales que impedirían el normal funcionamiento del hospital, lo que se confirma con los incidentes observados en sismos pasados.

Dentro de un hospital pueden producirse variados trastornos como consecuencia del daño en los elementos no estructurales, tales como la obstrucción de accesos, daños a pacientes o funcionarios del hospital debido a la caída de objetos pesados, paralización de actividades claves debido a la pérdida de equipos y cortes de suministros básicos (agua, energía eléctrica, etc.).

La evaluación de la vulnerabilidad de los elementos no estructurales debe considerar los efectos de los sismos directamente sobre ellos y los efectos de la estructura y de los elementos no estructurales que influyen o interactúan con ellos al estar sometidos a los efectos del sismo.

Es importante destacar que no basta que un hospital se mantenga en pie después de un terremoto, sino que es necesario que siga funcionando como hospital y pueda prestar la debida atención tanto a los pacientes internos como a las víctimas del desastre.

3.3.1 Elementos no estructurales en estudio

Los estudios de vulnerabilidad de elementos no estructurales consideran una serie de aspectos complejos y altamente interrelacionados, y por ello es conveniente agruparlos de tal manera de aplicar metodologías comunes. En este estudio los aspectos no estructurales se subdividen en tres grandes grupos:

- 1.- **Componentes Arquitectónicos.** Cielo falso, tabiques, parapetos, cornisas, ventanas, chimeneas, etc.
- 2.- **Equipamiento.** Equipos médicos, utensilios clínicos, recipientes, muebles, etc.
- 3.- **Líneas Vitales.** Red de agua potable, red eléctrica, red de alcantarillado, red de gases clínicos:

La vulnerabilidad sísmica de cada uno de estos grupos se debe analizar por separado, debido a la función que desempeñan y a la forma en que se encuentran dispuestos en la estructura, sin embargo el criterio de evaluación es similar para los tres grupos.

De acuerdo a los incidentes observados en sismos anteriores algunos de los daños que se pueden producir en los elementos estructurales son:

- a) En cuanto a los componentes arquitectónicos se han producido caída de tabiques, vidrios, cielos falsos, que han provocado la obstrucción de las vías de escape y daños en pacientes y funcionarios.

b) Volcamiento de cilindros de oxígeno y de gases inflamables, con pérdida de su contenido, creando una situación de alta peligrosidad.

c) Interrupciones en los suministros básicos de agua y electricidad.

d) Volcamiento de estanterías de almacenamiento con pérdida de su contenido y por consiguiente pérdida de drogas y medicamentos requeridos.

e) Caída de equipos de laboratorio y rompimiento de sistemas de instrumentación.

3.3.2 Procedimientos de evaluación

McGavin recomienda dos metodologías básicas de calificación, ellas son: **Criterio I**, la especificación de diseño, asociado a equipo o sistema clasificados como A y B y la especificación de diseño, **Criterio II**, asociado a las categorías C, D y E.

Según McGavin, la calificación utilizando el criterio I se debe basar en los siguientes procedimientos:

a) Pruebas en Mesa Vibradora

b) Análisis matemático (estático y dinámico)

c) Experiencia previa

d) Criterio de grupo de expertos

e) Combinación de lo anterior

El objetivo del criterio II es asegurar que el equipo analizado permanecerá fijo durante la emergencia. Para esta evaluación se recomienda el uso de un coeficiente sísmico y un análisis

estático. En situaciones especiales se puede requerir los procedimientos establecidos en el criterio I.

En el presente estudio preliminar se utiliza un criterio basado en experiencias anteriores con equipos similares en conjunto con la evaluación del grupo de expertos y la visita a los centros hospitalarios.

Experiencias pasadas

En muchas ocasiones el equipo y principalmente los elementos arquitectónicos y las redes de líneas vitales del hospital, pueden ser calificados de vulnerables o no por su comportamiento en sismos pasados o por el comportamiento de sistemas similares en otros centros hospitalarios.

Criterio de un grupo de expertos

El grupo de expertos es un método excelente para ser usado en la revisión de centros hospitalarios existentes que no han recibido un detallamiento sísmico adecuado.

Este grupo puede calificar los elementos no estructurales a través de inspecciones, estudio de detalles arquitectónicos y sugerir mecanismos o instalaciones para reducir la vulnerabilidad de estos elementos.

3.3.3 Etapas de la evaluación

Las etapas de la evaluación se resumen básicamente en los siguientes pasos:

3.3.3.1 Selección de servicios clínicos y de apoyo

A partir de una lista general de los servicios clínicos y de apoyo que posee un hospital y de una evaluación de las actividades prioritarias ante una emergencia se seleccionaron los servicios que serán analizados en el presente estudio (Pacheco, 1995). En el desarrollo de la vulnerabilidad no estructural se considera todo el hospital, pero el mayor detalle se destina sólo a los servicios seleccionados. Los servicios considerados como prioritarios ante una emergencia son los siguientes:

Tabla 3.9 Servicios prioritarios ante una emergencia

Servicios Clínicos	Servicios de Apoyo
- Servicio de urgencia.	- Lavandería.
- Esterilización.	- Alimentación.
- Salas de recuperaciones.	- Líneas Vitales.
- Pabellones Quirúrgicos.	- Calderas / Central Térmica.
- Laboratorios.	- Bodegas.
- Banco de sangre.	- Archivo.
- Servicio de Imagenología.	- Central de Gases.
- Farmacia.	- Movilización.
- Unidad de Cuidados Intensivos.	- Comunicación.
- Unidad de Cuidados Intermedios.	
- Hemodiálisis.	
- Neonatología.	

3.3.3.2 Selección de equipos médicos

En esta etapa se seleccionan aquellos equipos y maquinaria indispensables para mantener funcionando los servicios, de acuerdo a la información proporcionadas por médicos expertos en la atención en casos de desastres y emergencia (Pacheco, 1995). Los equipos seleccionados serán analizados en las visitas a terreno evaluando su disposición e importancia y son:

Servicio de urgencia:

- Monitores Electrocardiógrafo Desfibrilador.
- Capnógrafo.
- Oxímetro de Pulso.
- Bomba de Aspiración.
- Bomba de Infusión.
- Estufa Radiante.
- Respiradores.

Servicio de Esterilización:

- Autoclave.
- Pupinel.
- Esterilizador en Oxido Etileno.
- Bodega de material estéril y no estéril.

Servicio de Recuperación y Pabellones:

- Lámpara de Pabellón.
- Monitores de Signos Vitales.
- Máquina de anestesia con Ventilador.
- Capnógrafo.
- Oxímetro de Pulso.
- Electrobisturí.
- Máquina o Bomba de Aspiración.
- Equipo de Laparoscopia.

- Intensificador de Imágenes.
- Laringoscopio.
- Electroestimulador.
- Electrodiatermia.
- Mesa Quirúrgica.
- Estufa radiante.

Servicios de Laboratorios Clínicos y Banco de Sangre:

- Analizador Bioquímico.
- Analizador de Gases.
- Analizador de Orina.
- Analizador de Funcionamiento Pulmonar.
- Bilirrubinómetro.
- Centrífuga Refrigerada.
- Contador Hematíes Automático.
- Analizador Elisa.
- Equipo Iontofor.
- Electrofotómetro.
- Estufa Cultivo.
- Fotómetro de Llama.
- Freezer Banco de Sangre.
- Gamma Cámara.
- Destilador de Agua.
- Contador Geiger.
- Microscopio Inmunoflujo.
- Microscopio Oportorio.
- Microscopio Universal.
- Microcentrífuga.
- Refrigerador Banco de Sangre.
- Refrigerador Industrial.
- Osmómetro.

- Phmetro.

Servicio de Imageneología:

- Equipo de rayos X
- Ecotomógrafo o Ultrasonido.
- T.A.C.
- Equipo Procesador y Revelador de Placas.

Servicios Generales:

- Calderas.
- Extractores de Aire.
- Ascensores y/o Montacarga.

3.3.3.3 Clasificación de Equipos

La clasificación de sistemas y subsistemas utilizados para la evaluación de la vulnerabilidad es una versión modificada de la propuesta por McGavin (1981), y corresponde a las siguientes cinco categorías:

- Tipo A :** Sistema, subsistema o equipo requerido para el funcionamiento del sistema principal o para el apoyo de la vida, o que en su falla puede afectar directamente o adversamente el funcionamiento de otro sistema o equipo crítico.
- Tipo B :** Sistemas, subsistemas o equipos requeridos para el apoyo de funciones básicas. La unidad que depende de este sistema puede funcionar en forma limitada si ocurre una falla.
- Tipo C :** Sistemas, subsistemas o equipos requerido para el funcionamiento prolongado de la unidad.

Tipo D : Sistemas, subsistemas o equipos portátiles que no se encuentran en la categoría A.

Tipo E : Sistemas, subsistemas o equipos misceláneos o de apoyo de diagnóstico.

3.3.3.4 Visualización de posibles riesgos

En esta parte del estudio se ven los posibles riesgos y daños típicos que se pueden encontrar en los centros hospitalarios por causas de sismos.

Entre los posibles riesgos se encuentra:

- a) Recipientes con sustancias ácidas o contaminantes sin un sistema de adherencia o topes en los bordes de la mesa.
- b) Ubicación de equipos sobre otros equipos sin un sistema de amarre o colocados sobre estructuras inestables.
- c) Un riesgo potencial lo presenta la gran cantidad de artefactos de vidrios y cajas pesadas que se colocan en la parte superior de estantes y sin un sistema de soporte.
- d) Equipos pesados portátiles dejados sin frenos ni anclajes en corredores obstruyendo el paso.
- e) Equipos o muebles pesados apoyados en muros, se pueden mover o volcar por el movimiento del piso o flexión de los muros, colocando gente en peligro.

3.3.3.5 Visita a terreno

Conociendo el comportamiento que pueden tener los elementos no estructurales en caso de un sismo, se programan visitas a los centros hospitalarios con el fin de verificar si están preparados para soportar un evento de este tipo.

3.3.3.6 Clasificación de la evaluación

Después de analizar el estado en el que se encuentran los elementos no estructurales, se procede a ver cuales pueden clasificarse como vulnerables y cuales no.

La vulnerabilidad de cada uno de los elementos no estructurales analizados se clasifica en tres grupos: baja, media y alta. Finalmente se indica, utilizando la misma escala, el riesgo o incidencia que representa esta vulnerabilidad para el hospital.

Una vulnerabilidad baja indica que el riesgo de que el sistema sea dañado, cause daño o salga de funcionamiento es baja. Por el contrario una vulnerabilidad alta implica que el riesgo es consecuentemente alto. En esta definición no están envueltos criterios económicos, es decir, una vulnerabilidad alta no implica una pérdida económica alta ni tampoco un costo de mitigación o reducción del riesgo alto.

Los aspectos considerados para la evaluación y el impacto en el sistema se entregan en las tablas 3.10 y 3.11.

Recomendaciones

Después de analizar el estado en que se encuentran los elementos no estructurales, se procede ver cuales se pueden clasificar como vulnerables y cuales no.

Dependiendo de la calificación del equipo, se proponen mecanismos de seguridad para aquellos que los requieran y se dan recomendaciones que aseguren un buen comportamiento de los distintos elementos durante el sismo.

Tabla 3.10 Aspectos a considerar en la Vulnerabilidad de Elementos No Estructurales.

ELEMENTO	VULNERABILIDAD		
	Baja	Media	Alta
1.- Tabiques divisorios y Fachadas	<ul style="list-style-type: none"> - Existe holgura con el sistema estructural flexible. - Hay seguridad al volcamiento y vaciamiento. - Se ubica en una estructura muy rígida. 	<ul style="list-style-type: none"> - No existe independencia con el sistema estructural. - La estructura es rígida. 	<ul style="list-style-type: none"> - No existe independencia con el sistema estructural. - Sistema estructural flexible. - Posibilidad de volcamiento o vaciamiento.
2.- Vidrios	<ul style="list-style-type: none"> - Existe holgura entre el vidrio y marco de ventana. - Unión entre el vidrio y el marco de ventana flexible o deslizante. - Posee protección (láminas adhesivas, malla interior metálica, etc). - Sistema estructural rígido. 	<ul style="list-style-type: none"> - Existe holgura limitada entre vidrio y marco de ventana. - No poseen protección. - Sistema estructural rígido 	<ul style="list-style-type: none"> - No existe holgura entre vidrio y marco. - No posee protección. - Estructuración flexible.
3.- Cielos Falsos	<ul style="list-style-type: none"> - Arriostrado lateral y verticalmente. - Ubicado bajo losa rígida. - De pequeña dimensión. - Confinado por muros. 	<ul style="list-style-type: none"> - Paños pequeños sin arriostramiento. - Se ubica en sector confinado por muros distante 15 m. o menos entre sí. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sin arriostramientos. - Paños grandes. - Sin losa.
4.- Iluminación	<p>Sin cielo Falso :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anclaje adecuado. - Cubierta segura y si no tiene cubierta, con protección en los tubos. <p>Con cielo Falso :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anclaje adecuado. - Cubierta segura, y si no tiene cubierta con protección en los tubos. - Suspensión independiente de cielo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Anclaje adecuado. - Cubiertas y algunos tubos sin sistemas de amarre para evitar su caída. 	<ul style="list-style-type: none"> - Anclaje inadecuado. - No hay sistemas de amarre de tubos ni cubiertas.
5.- Recubrimientos	<ul style="list-style-type: none"> - Elemento de apoyo rígido (espesor importante). - Espesor del entucido 2 cm o menor. - Buena adherencia (no soplado). - Sin muestra de agrietamiento y filtración. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos de apoyo de gran superficie. - Buena adherencia. - Espesor medio de 3 a 4 cm. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gran espesor del entucido. - Mala adherencia. - Muestras de agrietamiento y filtraciones.
6.- Vías de circulación horizontal y vertical	<ul style="list-style-type: none"> - Estructura auto-soportante. - Apoyos deslizantes con dimensión adecuada. - Capacidad de deformación acorde con la flexibilidad de la estructura. - Elementos no estructurales con vulnerabilidad baja. 	<ul style="list-style-type: none"> - Unida a una estructura rígida. - Elementos de cierre con vulnerabilidad media. 	<ul style="list-style-type: none"> - Unida a una estructura flexible. - Elementos de cierre con vulnerabilidad alta. - Apoyo deslizante con dimensión inadecuada.
7.- Chimenea	<ul style="list-style-type: none"> - Material : Hormigón reforzado, Acero. - Relación de aspecto baja. - Anclajes y fundación adecuados. - Recubrimiento adecuado. - Arriostramientos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Albadilería reforzada. - Relación de aspecto baja. 	<ul style="list-style-type: none"> - Material frágil. - Esbelta. - Anclaje, arriostramiento y fundación inadecuado.
8.- Parapetos, Cornizas, Letreros	<ul style="list-style-type: none"> - Liviano y refuerzo adecuado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pesado y refuerzo limitado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pesado y refuerzo inadecuado.
9.- Mobiliario	<ul style="list-style-type: none"> - Anclaje adecuado. - Posee dispositivo de seguridad para su contenido. - Estructura resistente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Anclaje adecuado. - Falta protección de contenido. - Estructura resistente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Anclajes y apoyos inadecuados. - No existe protección de contenido. - Estructura débil.
10.- Líneas Vitales	<ul style="list-style-type: none"> - Independencia mayor que 4 días. - Abastecimiento seguro de servicios críticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Independencia entre 1 y 4 días. - Abastecimiento seguro de los servicios críticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Independencia menor de 1 día. - No abastece a la mayoría de servicios críticos.
11.- Equipamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Alta tolerancia a la vibración. - Apoyo seguro. - Baja esbeltez. - Conexiones flexibles. - Ubicación segura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mediana tolerancia a la vibración. - Apoyo seguro. - Mediana esbeltez. - Conexiones flexibles. - Ubicación segura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja tolerancia a la vibración. - Apoyo inadecuado. - Conexiones rígidas. - Ubicación insegura.
12.- Condiciones en la Junta de Dilatación	<ul style="list-style-type: none"> - Existe junta adecuada en todo elemento que la cruce (tabiquerías, cielos falsos, tuberías, etc). - Sistema rígido o flexible. - Alastamiento y protección. - Limpia. 	<ul style="list-style-type: none"> - No existe junta en los elementos que la cruzan. - Sistema rígido. - Protección. - Limpia. 	<ul style="list-style-type: none"> - No existe junta en elementos que la cruzan. - Sistema flexible. - Sucia.

Tabla 3.11. Aspectos a evaluar en el Impacto en el Sistema de Elementos no Estructurales.

ELEMENTO	IMPACTO		
	Bajo	Medio	Alto
Tabiques, Vidrios, Cielo Falso, Iluminación, Recubrimientos, Mobiliario	<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación en lugares donde no hay paciente y de baja ocupación. - Cantidad ilimitada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación en lugares de moderada ocupación de pacientes. - Cantidad limitada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación en lugares de alta ocupación de pacientes, de ocupación de pacientes en estado crítico y de alta circulación.
Fachadas, Escaleras, Chimeneas, Cornizas, Parapetos, Letreros, Condiciones en la Junta de Dilatación	<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación en zonas de escasa circulación y escasa ocupación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación en zonas de circulación moderada y baja aglomeración. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación en zonas de alta circulación, de concentración de personas y de ocupación de pacientes en estado crítico.
Equipamiento y Contenidos	<ul style="list-style-type: none"> - De Oficina. 		<ul style="list-style-type: none"> - Médico y de Apoyo al Diagnóstico. - Industrial.