

**VRS-2**

**INFLUENCIA DE LOS ELEMENTOS  
NO ESTRUCTURALES Y  
FUNCIONALES EN LA  
VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS  
EDIFICACIONES.**

**AUTOR: Ing. Jorge Arcos Méndez.**

SANTIAGO DE CUBA  
1995

## **OBJETIVOS:**

Dar a conocer las características más importantes de los elementos no estructurales y funcionales de las edificaciones, su vulnerabilidad sísmica y medidas para la mitigación.

## **CONTENIDO:**

### **Vulnerabilidad no estructural:**

- Caracterización de los componentes no estructurales de las edificaciones. Influencia que sobre ellas tienen los efectos destructivos de los sismos y su mitigación.

### **Vulnerabilidad funcional:**

- Caracterización de los elementos funcionales. Influencia que sobre ellos tienen los elementos destructivos de los sismos y su mitigación.

## INTRODUCCION.

Una buena parte de las pérdidas humanas y materiales causadas por sismos lo constituyen el colapso de los elementos no estructurales y funcionales de las edificaciones, es por ello que esta ponencia está dedicada al estudio de estos aspectos que en ocasiones tienen solución a muy bajos costos, respecto al monto total de la inversión en comparación con los beneficios que reporta.

## VULNERABILIDAD NO ESTRUCTURAL.

En cada edificación se identifican dos elementos constructivos principales:

**Estructurales.** Compuestos por:

- . Cimientos.
- . Columnas.
- . Vigas, entrepisos.
- . Tímpanos, paredes de carga y cubiertas.

**No estructurales.** Compuestos por:

- . Acabados arquitectónicos.
- . Instalaciones mecánicas y eléctricas.
- . Objetos que se encuentran en el interior del edificio.

En la mayoría de los edificios, el costo de los elementos no estructurales es mayor que el de la estructura, y muy especialmente en el caso de Centros de investigación y estudio, hospitales, centros de producción, donde del 70 al 90 % del costo total recae sobre los elementos no estructurales.

Al hacer frente al diseño antisísmico de una edificación, no basta con calcular estructuras que se deforman sin llegar al colapso ante sismos de gran intensidad sino también considerar que los elementos no estructurales pueden con su fallo influir sobre el comportamiento de la estructura causar pérdidas de vidas humanas o dejar sin funcionamiento una instalación (muchas de ellas cuando más se le necesita) pues en ocasiones se trata de edificaciones de hospitales o que prestan algún servicio de auxilio a afectados por el desastre.

En el siguiente análisis se define la influencia que sobre la vulnerabilidad de una instalación tienen los elementos no estructurales y las medidas para la reducción de la misma.

**La vulnerabilidad no estructural** es la pérdida de capacidad de respuesta de una edificación producto de lo que se llama desastre interno o falla de los componentes no estructurales. Veamos algunos ejemplos:

- Acabados arquitectónicos:
  - . Cielos rasos y lámparas.
  - . Revestimientos pesados.
  - . Puertas, ventanas y carpintería de vidrio.
  - . Mampostería de relleno reforzada.
  - . Tabiques divisorios.
- Instalaciones mecánicas y eléctricas:
  - . Red de abastecimiento de agua.
  - . Red de abastecimiento de gas.
  - . Red de residuales.
  - . Conductos de aire.
  - . Calentadores.
  - . Equipos de abasto de energía eléctrica.
  - . Bancos de baterías.
  - . Conductos electricos y de comunicaciones.
- Objetos que se encuentran en el interior del edificio.
  - . Todo el mobiliario que no esté comprendido en los grupos anteriores.

Es importante conocer que independientemente de este desastre interno **los elementos no estructurales pueden generar problemas serios en las estructuras** diseñadas contra sismos por dos causas:

- Fijación inadecuada de los elementos no estructurales al edificio.
- No inclusión de dichas cargas en las cargas de cálculo del edificio.

Para comprender mejor lo anterior es necesario conocer que **los efectos destructivos de los sismos provocan daños en el edificio: por la inercia de los objetos que se mueven en él.**

#### **Consecuencias:**

- . Que cuanto más pesa un objeto, mayor será su inercia, o sea su tendencia a conservar el movimiento por lo que no dejará de moverse por mucho peso que tenga.
- . Si este peso no es uniforme o es mayor en su parte superior tenderá a volcarse.

**Se provocarán también daños por efecto de la deformación**

**Consecuencias:**

- . Algunos objetos de metal se deforman , otros menos flexibles se rompen y otros pierden su movilidad.

Para llevar a cabo un programa de medidas para mitigar los daños a los componentes no estructurales:

- . Debe realizarse una inspección completa y sistemática a toda la edificación clasificando los objetos por categoría en base al peligro a que puedan someter a las personas tanto directa como indirectamente.
- . Se procede a tomar medidas adecuadas para eliminar el riesgo. Estas medidas pueden ir desde las más sencillas como es cambiar los objetos de lugar, reemplazarlos, etc, hasta las más complicadas como son restringir la movilidad de los objetos, usar acopladores flexibles, soportes, etc.

Analicemos en detalle la aplicación de estas y otras medidas en algunos componentes no estructurales:

**- Acabados arquitectónicos:**

La selección de los materiales de revestimiento y acabados, no solo tienen connotación estética sino de riesgo para la vida de las personas. Por ejemplo:

- . **El cielo raso y las lámparas** son especialmente vulnerables a las vibraciones. A mayor cantidad de lámparas mayor es el peso adicional al cielo raso y por tanto mayor su vulnerabilidad.

Debe revisarse que la cantidad de alambres de sostenimiento del cielo raso sean suficientes y tengan ángulos necesarios para evitar los movimientos laterales.

Deben evitarse las cubiertas de tejas de barro ya que aportan un peso adicional a la cubierta en general haciéndola más vulnerable, por su tendencia a fragmentarse en pequeños pedazos que al caer hieren a las personas.

**- De revestimientos pesados tenemos:**

Los remates de fachada que en la mayoría de los casos se realizan con elementos prefabricados adosados deben contar con anclajes suficientes y resistentes de manera que se garantice su sujeción. No obstante es preferible evitar estos remates de fachadas en zonas sísmicas y especialmente en edificios altos.

- .. Los antepechos de balcones con elementos prefabricados, las barandas, pasamanos, etc, deben estar anclados de forma tal que sean elementos integrales de la edificación disminuyendo el riesgo de desprendimiento.
- .. Las molduras, cornizas, estucos de adorno, así como otros elementos adosados a muros y columnas, ofrecen un aumento del riesgo por lo tanto es necesario reducirlos al mínimo.

- **Carpintería de vidrio:**

- . Es una tendencia en las nuevas edificaciones el uso generalizado del vidrio de diferentes tamaños en puertas y ventanas que al producirse un terremoto, sus marcos tienden a tomar la forma de paralelogramo haciendo añicos el vidrio y lanzando los fragmentos punteagudos al interior de la edificación. Es por esto que deben emplearse vidrios de seguridad, dejar las holguras suficientes entre el vidrio y el marco al instalar la ventana y rellenarlo después con materiales flexibles evitando hasta cierto punto que se quiebre al deformarse. También es recomendable el uso de planchas o láminas de plástico resistente en el interior de las mismas para proteger a las personas. Existen ejemplos de fragmentos de vidrio que se han clavado a 6m de distancia durante sismos.

- **Mampostería de relleno:**

- . La mampostería divisoria no soportante, levantada entre los ejes estructurales de carga debe quedar bien amarrada a la estructura y reforzada con malla de alambre embebida en el repello de tal manera que mantenga las condiciones de estabilidad.

- **Tabiques divisorios:**

- . Las divisiones con paneles deben quedar aseguradas en su parte inferior y superior ya que a ella van sujeto estantes y otros muebles que al caer dañan a las personas.

Es importante no olvidar que todo elemento que se encuentre sujeto de alguna u otra forma a la estructura resistente debe estar considerado para el cálculo en el comportamiento de la estructura ante el sismo sino pueden ocasionar cambios en los mecanismos de transmisión de las cargas propiciando una falla prematura.

## 2.- Instalaciones mecánicas y eléctricas.

La mayoría de las instalaciones eléctricas y mecánicas se encuentra adosadas a la construcción, ocultas en el cielo raso, empotradas en las paredes. Debajo del piso hay toda una red de tuberías de agua, residuales, aire y otros, conductos para cables de alimentación eléctrica, de comunicaciones, y en sus terminales toda una gama de equipos, motores, pizarra de distribución, generadores, etc.

Sería imposible caracterizar la diversidad de estas instalaciones que tienen los diferentes tipos de objetivos (industrias, instituciones científicas, hospitales, etc). Por lo tanto nos referiremos a los más importantes:

- . Las tuberías de todo tipo deben estar firmemente ancladas y especialmente reforzadas en los empalmes o conexiones que a la vez deben permitir la flexibilidad que necesitan a las vibraciones que se producen. Como la generalidad de las tuberías nacen o mueren en diferentes tipos de equipos, no se puede olvidar que la diferencia de movimiento entre los aparatos, y los elementos donde van adosadas las tuberías (paredes, cielo raso, etc) es tan grande, que las conexiones pueden interrumpirse, y las fugas de gas, vapor de agua, aguas limpias o residuales, pueden dañar a las personas, provocar incendios o evitar el funcionamiento de un sistema esencial por lo que para reducir estos efectos se debe garantizar las conexiones con mangueras u otros elementos flexibles, con uniones giratorias y válvulas de cierre automático.
- . Los tanques, calentadores, filtros u otros equipos que debido a su gran peso están a merced de la inercia tenderán a volcarse rompiendo tuberías, cortando cables, pudiendo causar incendios o inundaciones. La solución es sujetar el equipo a una pared sólida y firme, no bastando solo su sujeción por la parte superior sino también por la parte inferior para evitar así que si el piso se hunde, el equipo quede suelto.
- . Los grupos electrógenos son muy pesados, y muy vulnerables también a los efectos de la inercia y a su vez son equipos esenciales para mantener la alimentación eléctrica en las instalaciones que continúan prestando servicios. La fijación debe ser tal que logre la inmovilización del equipo, para que no se vuelque ni se desplace. Además de lo anterior es necesario prestar mucha atención a las conexiones de distribución de la energía y de alimentación de combustible los cuales deben ser flexibles, para que asimilen la diferencia de movimiento entre el grupo electrógeno y la base de fijación de estas conexiones.

. Las comunicaciones tanto externas como internas son fundamentales para cualquier instalación. Dentro de la edificación se inspeccionará detenidamente los componentes del sistema y se tomarán las medidas necesarias. En aquellos onjetivos de gran importancia deberá estudiarse otras alternativas como es el radio.

- Mobiliario interior.

El análisis del mobiliario interior se justifica en todas las edificaciones. En algunas como Hospitales, laboratorios de investigación, etc, tanto el mobiliario como las instalaciones mecánicas y eléctricas cobran la misma importancia. En otras como los edificios de oficinas, las instalaciones eléctricas y mecánicas tienen menos importancia que el mobiliario por caracterizarse las mismas por la existencia de grandes gaveteros, buroes, etc, que su propio peso constituye un elemento de riesgo durante los sismos, bien porque cause daños al personal o porque interrumpa el paso o las salidas urgentes de las personas atrapadas. Los movimientos imprevistos en una y otra dirección pueden provocar desplazamientos de estos pesados muebles de forma brusca en espacios de 6 a 10 m. y en ocasiones recorrer las dimensiones del local donde se encuentran, debido a las sacudidas.

En una instalación hospitalaria por ejemplo, los relojes, cuadros, televisores, etc, no deben encontrarse sobre camas o sobre puertas. Los estantes formados por módulos, deben unirse unos con otros evitándose el uso de entrepaños o puertas de cristal. El mueble debe garantizar además el sostén de los libros o materiales que guardan.

En caso de varias hileras de muebles separados de la pared, se fijarán al piso y se unirán entre sí por arriba.

Los archivos deberán garantizar la fijación de las gavetas que deben permanecer cerradas durante las sacudidas.

Las mesas de noche y camas de pacientes deben de fijarse y garantizar a la vez un rápido desenganche para moverlas a posiciones más ventajosas.

Los muebles del salón de cirugía que en su mayoría son rodantes deben fijarse para evitar su movimiento. A su vez se debe fijar el instrumental a las propias mesas así como los soportes de suero y equipos para transfusión. Otros elementos con articulaciones deberán fijarse para evitar el vaivén.

Otras recomendaciones para el diseño de muebles en zonas sísmicas pueden ser:

- Muebles o equipos con el centro de gravedad bajo y bordes redondeados.
- Diseño de gavetas con trabas para que no se abran solas.
- Trabas en puertas corredizas, etc.

Las medidas para la mitigación de la vulnerabilidad no estructural deben ser estudiadas e implementadas preferiblemente desde la etapa que se concibe el proyecto. Sin embargo muchas de ellas, especialmente las referentes al mobiliario interior de las edificaciones, pueden ser implantadas con la inversión en explotación y concebirlas como tareas dentro del mantenimiento así como otras, que se adoptan durante y después del desastre, lo cual permite disminuir los daños, y reparar rápidamente las averías para evitar efectos secundarios.

#### **VULNERABILIDAD FUNCIONAL.**

Se le denomina a la pérdida de capacidad de la edificación o grupo de objetos de obra de una instalación para dar respuesta al funcionamiento, para lo cual fue diseñada esta vulnerabilidad es el llamado "colapso funcional" que es debido a dos causas fundamentales:

- El colapso no estructural.
- El colapso funcional propiamente dicho del cual citaremos algunos ejemplos y sus medidas de mitigación.

En edificios industriales y especialmente en hospitales el sector de servicios generales debe estar separado del resto de la instalación. En este sector generalmente se ubica la zona de calderas, la planta eléctrica y otro equipamiento cuya avería entorpecería el normal funcionamiento de la instalación por lo que tiene que ser tratado con criterios de diseño diferente al resto de los objetos de obra.

Otras zonas de cuidado por el aseguramiento que prestan al funcionamiento del edificio en caso de desastres es el sector de los servicios de teléfono o radiocomunicación.

Referida a las funciones entre sectores, áreas y su interrelación es preciso analizar en detalle si en caso de desastre la instalación tiene que continuar trabajando con la misma función, si tiene que prestar un mayor servicio producto de la emergencia, o si cambia sus funciones y se utiliza para ayuda a la población.

En cualquiera de los casos anteriores se deberá garantizar que los servicios de abasto de energía eléctrica, los servicios de comunicaciones, tanques de almacenamiento, cocina y víveres se ubiquen en edificaciones independiente.

Cada una de estas áreas o sectores que agrupa un conjunto de equipos vitales puede diseñarse con otras exigencias y posibilitar la continuidad del servicio.

Para realizar una evaluación correcta de la vulnerabilidad funcional tenemos que referirnos además a lo relacionado con la infraestructura, es decir los recursos físicos externos de los cuales depende la instalación como las comunicaciones, el suministro de agua, el alcantarillado y la energía, todas con una amalgama de objetos que puedan ser más o menos vulnerables en dependencia de sus características y particularidades.

En relación con los problemas de planificación solamente se mencionarán los relativos a la selección del terreno, los servicios públicos, restricciones ambientales, las vías de comunicación pues estos y otros aspectos se señalaron con amplitud en la anterior conferencia.

La señalización constituye también un elemento importante en la disminución de la vulnerabilidad funcional de bajo costo y poco tiempo para su realización.

## **RESUMEN.**

Todo financiamiento adicional en una inversión debe estar validado por un análisis de costo-beneficio, que justifique la necesidad de tomar determinadas medidas para la protección contra desastre.

"Estudios comparativos señalan que los costos adicionales necesario para el diseño de un edificio sismo resistente, oscila entre el 1 y el 4 % del total de la inversión".

En el caso de hospitales por ejemplo este porcentaje puede ser menor si descontamos el costo de el equipamiento que puede llegar a ser hasta de un 85 ó 90 % del costo total de la inversión.

Esto ratifica aún más la importancia de aplicar medidas de protección a todo el equipamiento que en comparación con los costos por diseño estructural antisísmico son más económicos.

Veamos el caso específico de la protección de un generador de electricidad en un edificio cualquiera mediante la instalación de determinados elementos para su aislamiento y restricciones para evitar su vuelco, lo cual puede tener un costo de \$ 250 contra \$ 50 000 que puede costar un generador. El costo de la medida es de

0,5 % del beneficio que resultaría de proteger este equipo, sin contar los daños adicionales y el servicio que deja de prestar una instalación como la de un hospital donde pueda estar instalados.

Este ejemplo demuestra en términos de costo la ventaja que siempre representa para el inversionista tomar las medidas de protección que le permita eliminar o disminuir el riesgo de su edificación en caso de sismo.

#### **BIBLIOGRAFIA.**

- Análisis de riesgo en el diseño de hospitales en zonas Sísmicas. OPS.
- Mitigación de desastres en las instalaciones de la salud. OPS.
- Hacia un mundo más seguro frente a los desastres naturales. OPS.