

**ESTADO MAYOR NACIONAL DE LA  
DEFENSA CIVIL**

**TALLER SOBRE MANEJO DE RIESGO  
SISMICO**

**VULNERABILIDAD DE LAS VIVIENDAS,  
ESCUELAS Y HOSPITALES.**

**AUTOR: Ing. Jaime Más Valdés**

SANTIAGO DE CUBA  
1995.



**Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales**

## **INTRODUCCION.**

El presente documento es una reflexión sobre la vulnerabilidad estructural y funcional, fundamentalmente en las edificaciones destinadas a la vivienda, escuelas y hospitales en la región oriental del país sobre todo en Santiago de Cuba.

Es necesario recalcar que desde la década del 70 es que se presta especial atención a este aspecto aunque si era conocido el peligro sobre todo para la ciudad de Santiago. Esto implica que las edificaciones construidas con anterioridad, les falta el requerimiento técnico en su ejecución y en posteriores reparaciones, esto hace complejo el estudio que se necesita, ya que se deben asumir determinadas consideraciones sobre las que no existen la información requerida como es el caso de los daños que existen no hay una definición si han sido producto de movimientos sísmicos u otros factores, por lo que hacer el estudio de campo con personal calificado es muy importante.

### **La vulnerabilidad.**

Es importante dejar definido dos conceptos que se emplean; la vulnerabilidad estructural y funcional.

**Vulnerabilidad estructural.** la definimos como el grado en que pueden afectarse los elementos estructurales (portantes) de una edificación, dicha afectación puede ser desde pequeñas grietas, hasta el colapso de la edificación.

**Vulnerabilidad funcional:** está dada por la afectación que sufre la función para la cual está destinada dicha edificación, en este caso no depende de los elementos estructurales sino que aquí intervienen un grupo mayor de elementos considerados como no estructurales que van desde los tabiques hasta los equipos e instalaciones que permiten realizar la función asignada. Para su mayor comprensión analicemos el ejemplo de un hospital; al ocurrir un sismo su estructura resistió bien, no tuvo daños de consideración, sin embargo se destruyeron las instalaciones de gas, agua y electricidad; sufrieron roturas el equipamiento principal de los quirófanos y salas de terapia (por no estar bien anclados). El hospital está en pie pero su interior no tiene la capacidad de respuesta necesaria para resolver los casos que concurren a dicha instalación.

Hacemos mayor énfasis en las edificaciones destinados a la vivienda, las escuelas y los hospitales ya que aportan el mayor número de víctimas caso de ocurrir un sismo y no estar bien preparadas para enfrentarlo.

## **Vulnerabilidad Estructural.**

Los sismos son uno de los fenómenos que producen un alto nivel de destrucción en plazos de tiempo extremadamente pequeños, y sin poder ser anteceditos de una alerta; esto implica la imperiosa necesidad de prever la envergadura probable del evento y las zonas que pudieran afectarse, tomando en correspondencia las medidas preventivas necesarias, de acuerdo a la actividad que se realice.

La región oriental de nuestro país es la más amenazada por este peligro, principalmente Santiago de Cuba.

En estos momentos contamos con una valiosa información sobre este tipo de desastre y una predicción más objetiva, lo que se continúa perfeccionando, permitiendo planificar anticipadamente las medidas necesarias tanto para lo existente como para el desarrollo futuro.

Las edificaciones en nuestro país en general tienen una gran variedad tanto por su año de construcción como por su sistema constructivo. En cuanto al primer aspecto aun existen edificaciones de mediados de 1500 y en lo segundo estas recorren una variada gama desde los materiales alternativos hasta los prefabricados de hormigón armado, no excluyendo las estructuras de acero.

Otro aspecto es la cantidad de pisos que puede llegar a más de 8 plantas aunque lo más común es menos de 5. Así pudiéramos referirnos a otros elementos característicos como es su estado técnico actual, etc.

En estos momentos se trabaja en la formulación necesaria para determinar la vulnerabilidad la cual está en función de un grupo de factores y los principales son:

- Sistema constructivo.
- Característica del suelo de cimentación.
- Cantidad de pisos.
- Estado de la construcción.
- Código sismo resistente de construcción.
- Profundidad del manto freático.
- Distancia entre edificaciones.
- Diferencia de altura entre edificaciones.
- Calidad de los materiales de construcción.
- Relieve del terreno.

En este análisis de la vulnerabilidad estructural de las edificaciones debemos dejar claro que es a partir de 1970 que se comienzan a cumplir las regulaciones emitidas por el Ministerio de la Construcción, hasta que en 1984 se aprueba la primera Norma Cubana Sismo Resistente para el Cálculo Estructural, queda definido que todas las edificaciones anteriores a 1970 no cumplen los requerimientos necesarios para enfrentarse a un sismo.

Otro aspecto importante es la falta de una estrategia técnica para el mantenimiento y reparación post-sismo de las edificaciones, esto cobra mayor importancia si resumimos la cantidad de eventos sísmicos que han afectado la ciudad de Santiago de Cuba. Fundada en 1914 se han reportado 10 sismos de grado VII, 8 de grado VIII y 2 de grado IX de intensidad en la escala MSK.

Lo anteriormente expuesto nos demuestra la imperiosa necesidad de hacer un estudio particular en Santiago de Cuba que permita hacer una valoración lo más precisa posible de la vulnerabilidad estructural sobre todo en la vivienda que es la de mayor cantidad en la ciudad. Para poder modelar esta vulnerabilidad se plantea un estudio de una parte urbana en la misma, recolectando un grupo considerable de datos en el terreno, haciendo su procesamiento y formulación de la vulnerabilidad acorde a nuestras condiciones, que si bien es cierto, son muy parecidas a muchos países de América y el Caribe, tienen sus particularidades muy propias.

En sentido general para lograr accionar sobre la vulnerabilidad es necesario tener en cuenta un grupo de elementos que de forma directa van a actuar sobre la estructura, entre los principales podemos citar:

- La aplicación rigurosa de la norma sismo resistente tanto en las nuevas construcciones, como en lo posible en las reparaciones que se realicen.
- Con una correcta ubicación, en correspondencia con la importancia de la edificación, durante la actividad de planeamiento.
- Empleo de materiales de construcción de buena calidad.
- Contar con un inventario actualizado del estado técnico de las edificaciones que permita ejecutar acciones oportunas.
- Tener un programa general de preparación a la población para enfrentar este tipo de desastre.

Dentro de las edificaciones debemos señalar en específico un grupo de requerimientos que se deben tener en cuenta en las edificaciones de bajo costo, las que en la actualidad se construye masivamente, aunque algunos son aplicables a todas las edificaciones:

- No deben estar cerca de colinas o pendientes pronunciadas del terreno (corrimiento de tierra); tampoco cerca del mar (tsunamis); debe existir la separación suficiente con estructuras cercanas, especialmente en la dirección predominante de los vientos (expansión del fuego); y nunca en el área de inundación de presas. La proximidad a diques y causes de aguas deben evitarse.
- La forma de las edificaciones deben ser simple y simétrica (horizontal y verticalmente); las formas complejas son posibles si están divididas en elementos simples independientes.

- Las cimentaciones deben ser de hormigón armado, construidas sobre suelo sólido (preferentemente roca), manteniendo profundidades constantes (sin escalones en terrenos inclinados) y con un refuerzo continuo. En terrenos pobres, las losas resistentes tienen la ventaja de que "flotan" sobre las ondas sísmicas, evitando así los daños.

- Los muros deben ser relativamente ligeros (para bajar el centro de gravedad del edificio) reduciendo el daño producido por los muros que colapsen, capaces de absorber vibraciones, pero con uniones rígidas a la cimentación, uniendo las paredes y el techo. Las estructuras de esqueletos (madera, bambú, hormigón armado, metal) con cerramientos ligeros son más resistentes a los sismos; las obras tradicionales requieren una viga perimetral continua y resistente para evitar el colapso.

- Los huecos deben ser pequeños a no menos de 50 cm de las esquinas u otras aperturas; los paños de cristal deben evitarse.

- Las cubiertas deben ser lo más ligeras posible; o bien monolíticas (hormigón armado), o de elementos flexibles y resistentes fijados fuertemente a la estructura de soporte; con formas compactas y simétricas y con luces lo más pequeñas posibles. Deben estar bien unidas a la viga perimetral o a la estructura de la edificación. Alternativamente, las cubiertas pueden ir apoyadas en una estructura independiente, separadas de los muros, para que en caso de colapso de estos, no la arrastren.

- Las estructuras añadidas (chimenea, tanques de agua, etc), sino se pueden evitar deben fijarse de modo seguro, de forma que no puedan ser derribadas.

- Los muros de piedra, tierra y ladrillo tienen un comportamiento malo frente a los sismos. La resistencia de estos se puede mejorar reforzando las esquinas; son esenciales las uniones de acero verticales. Los muros y las cúpulas deben evitarse en las zonas de peligro sísmico. Las cubiertas de tejas necesitan de fuertes y pesadas estructuras de madera que son un gran peligro si colapsan. Por otra parte, las tejas suelen caer por la vibración.

- El hormigón armado y el ferrocemento son materiales ideales para la construcción sismo resistente, si la calidad de los materiales y la calificación de la mano de obra son las adecuadas, y si el refuerzo de acero está protegido contra la corrosión. Las estructuras de cubiertas de losas de hormigón pesadas deben evitarse. Las estructuras de madera y bambú con muros de cerramiento ligero dan resistencia óptima a los sismos y causan menos daños caso de colapsarse, pero presentan el peligro de incendios, que es importante durante un sismo.

- Las estructuras de metal permiten construcciones ligeras y flexibles, pero el diseño y el dimensionado deben tener en cuenta el peligro de grandes deformaciones; la protección contra el fuego y la corrosión son esenciales.

Las cubiertas de láminas de metal tienen buen comportamiento frente a los sismos.

- En general, es adecuado desarrollar medidas de protección, de buena ejecución de obra, control técnico y las reparaciones.

Este tipo de vulnerabilidad es muy importante ya que si se cumple con los requerimientos establecidos las edificaciones soportarán los efectos destructivos de un sismo (siempre que no sobrepase los pronósticos) pudiendo ocurrir sólo daños ligeros.

### **Vulnerabilidad Funcional.**

Ya hemos definido que abarca este tipo de vulnerabilidad, por lo que ahora solo plantearemos las funciones principales de los tres tipo de edificaciones que abordamos.

La vivienda es el lugar donde habita el núcleo más pequeño de la sociedad, la familia, es por ello que su función es importante por los trastornos que causa a la sociedad cuando un número determinado de familias quedan sin techo o cuando no lo pierdan tienen otras afectaciones que hacen más difícil su habitat como pueden ser la falta de agua, electricidad y el combustible, por ejemplo.

En el caso de las escuelas es donde se concentran una gran cantidad de personas que no conocen ni tienen la capacidad aun necesaria para enfrentarse ante el peligro sísmico, sobre todo los niveles primarios y secundarios (incluyendo los círculos infantiles), además aquí se encuentran los futuros creadores y continuadores de la sociedad.

Un elemento importante es que por sus características muchas de estas edificaciones se emplean como apoyo para atender los damnificados (albergue) y como una ampliación de las instalaciones de salud (asistencia a los lesionados).

Los hospitales son edificaciones que funcionan las 24 horas del día con un alto índice de ocupación con personal que en la mayoría de los casos no puede valerse por sí mismo y además de la función que cumple se requiere de un tratamiento especial con la función que cumplen en caso de ocurrir el desastre.

Analicemos entonces algunos aspectos que influyen en la función de estas edificaciones y en que magnitud pueden afectar.

Para hacer este análisis hay que considerar integralmente todos los aspectos básicos que pueden ser tecnológicos y administrativos, así como la propia función.

- **Complejidad funcional:** en el caso de la vivienda se realizan un conjunto de actividades para lograr el confort pero caso de afectarse parte de su equipamiento por lo simple de las actividades es posible continuar viviendo en ellas con un mayor grado de

dificultad. Otro tanto ocurre con las escuelas pero un tanto menos complejo, siempre que no cuenten con laboratorios y talleres que pueden ser afectados y por lo tanto perder su funcionabilidad. En los hospitales hay una combinación de actividades que determinan su función general siendo las principales; de alojamiento, oficinas, laboratorios, almacenes, elaboración de alimentos, entre otros, lo que en mayor o menor magnitud afectarán la función general si son dañados.

- **Ocupantes:** en las viviendas y escuelas por lo general son personas sanas pudiendo en algunos casos tener algunas limitaciones físicas, ahora bien esto en los hospitales no ocurre así ya que muchos pacientes no se pueden valer por sí mismo, necesitando asistencia permanente de personal capacitado. Algunos están rodeados de aparatos especiales y usan gases, otros están conectados a sistemas para mantener la vida que emplean electricidad continuamente.

- **Suministros críticos:** En el caso de la vivienda y las escuelas no son sensibles y en muchos casos recuperable la reserva que existen que por lo general consiste en alimentos y material escolar. En los hospitales existe una gran variedad de surtidos en grandes cantidades (alimentos, fármacos, material de curaciones, etc). que son esenciales para la supervivencia de los pacientes y sobre todo los afectados por un sismo, si los locales y estantes donde se guardan sufren daños durante el desastre, entonces no estarán disponibles cuando más se necesiten.

- **Servicios públicos:** Este es un aspecto que influye en cada tipo de las edificaciones que analizamos ya que el suministro de electricidad, agua, combustible, comunicaciones, transitabilidad, alcantarillado, entre otros. Pero es determinante en los hospitales y escuelas que se destinen a funciones de asistencia médica ya que la demanda es alta y continúa, no pudiendo prácticamente funcionar sin estos servicios.

- **Materiales peligrosos:** Este tipo de material se emplea poco en las viviendas y escuelas siendo los más comunes los inflamables, ya que en los hospitales el campo es más amplio por existir materiales tóxicos, radioactivos, etc, los que al derramarse o fugarse pueden ocasionar daños.

- **Objetos pesados:** este tipo de objeto está presente en las tres edificaciones, pero en mayor cuantía se encuentran en los hospitales (lámparas de salones de operaciones, equipos de rayos x, etc.) los que al afectarse tienen un efecto considerable en el funcionamiento de la instalación.

- **Problemas externos:** además de los problemas interiores enumerados tenemos los externos que impiden la normal acción de las fuerzas especializadas para ayudar a la solución de los daños ocurridos, el rescate y salvamento de las víctimas.

## BIBLIOGRAFIA.

- 1.- El alojamiento después de los desastres, Naciones Unidas.
- 2.- Reducción de Riesgos en componentes no estructurales de los hospitales para casos de terremoto. Dr. David Stewart.
- 3.- Revista Stop Disasters número 12.
- 4.- Entre dos Terremotos. Sir. Bernard M. Fielden.
- 5.- Planeamiento hospitalario para desastres. PEA Savage.
- 6.- Revista Juventud Técnica Número 258, Mayo 89.
- 7.- Apuntes de edificaciones de bajo coste. Gerard Ruíz, Luis Delgado y Eduardo Hernández.

Si hacemos un análisis de todo lo expuesto la función en cada tipo de edificación es necesaria pero en los hospitales es fundamental.

Si bien la vulnerabilidad estructural podemos decir es baja en las edificaciones posteriores a la década del 70 por los motivos ya expuestos, esta misma afirmación no se puede hacer con la funcional por ser para nosotros un aspecto novedoso sobre el cual se trabaja para incorporarlo a la nueva norma cubana sismo resistente, a los nuevos proyectos, remodelaciones y reparaciones que se ejecuten.

### CONCLUSIONES:

Es evidente que al prepararnos para un terremoto se le debe prestar especial atención a la estructura y al resto de los elementos que determinan su funcionamiento, por ejemplo en los hospitales la estructura solo representa alrededor del 15 % del costo total de la edificación, es por ello que los análisis son complejos por su integralidad.

En sentido general para reducir la vulnerabilidad es necesario:

- Conocer la posible envergadura del evento sísmico a ocurrir en una zona determinada.
- El estado técnico de la construcción y la respuesta dinámica de los sistemas constructivos.
- Emplear una correcta estrategia de reforzamiento en lo ya construido, así como la aplicación consecuente de las normas de diseño antisísmico en las nuevas construcciones.
- Aplicar una correcta política de mantenimiento constructivo en general incorporando las medidas de reforzamiento donde sea necesario, según el estudio realizado.
- Formar en la población la cultura sísmica local, que ayude a la prevención y enfrentamiento a este tipo de desastre.

Cada dirigente, obrero o simple ciudadano debe prepararse para enfrentar este fenómeno y su mejor manera es con la prevención, evitando las cuantiosas pérdidas que pueden ocurrir.