

EVALUACION DE DAÑOS POR SÍSMOS Y ADECUACIÓN ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES EDUCATIVAS EN EL ESTADO SUCRE Y CARACAS-VENEZUELA.

**ING. FELIPE FIGUERA
ASESOR DE FEDE-VENEZUELA**

RESUMEN

Este trabajo tiene por finalidad hacerles llegar a ustedes las lecciones aprendidas a partir de la ocurrencia del fuerte terremoto del 09 de julio de 1997, de magnitud $M_s=6.8$ con epicentro ubicado entre las poblaciones de Cariaco y Casanay, Estado Sucre. Entre estas experiencias se encuentran la evaluación de daños por el terremoto de Cariaco a 51 edificaciones educativas y la elaboración de 6 proyectos de adecuación estructural en el Estado Sucre y la evaluación por vulnerabilidad sísmica de una unidad educativa, ubicada en la ciudad de Caracas, la cual se declaró no habitable y se le realizó de inmediato un proyecto de adecuación estructural y su construcción posteriormente. En esta edificación se cumplió con todo el proceso de evaluación hasta llegar a su construcción final.

INTRODUCCIÓN

Los daños causados por el terremotos del 09 de Julio de 1997, fueron de gran consideración, donde por lo menos 70 personas murieron y mas de 500 resultaron heridas. La planta física educativa de muchos municipios del Estado Sucre fueron afectadas, muy específicamente en el Municipio Ribero, en la población de Cariaco, donde hubo una concentración de daños estructurales muy importantes, dentro de los cuales se encuentra el colapso de la escuela Valentín Valiente y el Liceo Raimundo Martínez Centeno donde murieron más de 40 personas en su gran mayoría alumnos.

A raíz de este terremoto la Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas (FEDE), se abocó conjuntamente con un grupo de ingenieros estructurales a realizar una inspección ocular de cada unos de los planteles educativos en el Estado Sucre, a fin de ubicar por municipios, cada uno de los planteles que habían sufrido daños. Esta evaluación dio como resultado una lista de planteles que sufrieron daños mayores y requerían de un diagnóstico mas especializado que pudiera garantizar la habitabilidad de los mismos y el cual permitiera alcanzar los siguientes objetivos:

1. Definir el grado de habitabilidad del plantel como consecuencia directa de los daños ocasionados por el terremoto de Cariaco del 9 de julio de 1997.
2. Definir el grado de vulnerabilidad sísmica potencial del plantel ante la eventualidad de ser sacudido por otro sismo, aún cuando no hubiera sufrido daños durante el terremoto de Cariaco del 9 de julio de 1997.

De 51 planteles educativos evaluados en 11 Municipios del Estado Sucre, con diferentes edades de construcción, sistemas constructivos y número de matriculas, es importante resaltar que a 21 planteles de estos se les dio veredictos: (NHRI) no habitables y requerían adecuación estructural inmediata y a otras tres edificaciones se les dio veredicto de (S) Sustitución o demolición inmediata, tales como fueron los casos de los planteles: ETA. CUMANAGOTO, ubicada en el Municipio Ribero, PEDRO ELIAS ARISTIGUIETA, ubicada en el Municipio Bermúdez, y el liceo PEDRO ARNAL, en el área del salón de usos múltiples.

EVALUACIÓN VISUAL

Adaptamos para esta evaluación visual, la siguiente metodología enmarcada en las condiciones establecidas entre los requerimientos de FEDE, para cumplir con su objetivos fundamentales, que eran determinar si la edificación era habitable o necesitaba algún tipo de estudio, para minimizar su vulnerabilidad ante otros sismos futuros

Primero se estableció una serie de definiciones y terminología que consideramos de mucha importancia para que se entendiera el mensaje que transmitiríamos al ente contratante, entre estas definiciones mencionamos:

Riesgo Sísmico: " Se entiende como la probabilidad y las consecuencias sociales y económicas de los sismo que excederá o igualará , un cierto valor especificado en un cierto sitio en una cierta área urbana o en el campo o varios sitios." (V. BERTERO).

En general, el riesgo sísmico puede definirse en función de la amenaza sísmica, mediante la siguiente relación :

$$R_s = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad} \times \text{Costo}$$

Amenaza sísmica: Eventos naturales que suelen producirse como consecuencia de la acción de un sismo , tales como: vibraciones fuerte del terreno expresado comúnmente en función de las aceleraciones o desplazamientos, ruptura del terreno (deslizamientos de taludes, licuación, avalanchas, asentamientos, etc), fallamiento superficial, deformación tectónica, capaces de causar daños y pérdidas de vidas humanas en un intervalo finito del tiempo.

Vulnerabilidad Sísmica: Las pérdidas de materiales o humanas registradas durante la acción de sismos moderados o fuertes, son causadas básicamente por el colapso total o parcial de obras de ingeniería, principalmente edificios, que han sido diseñados y construidos presumiblemente para proteger a sus ocupantes de la acción de amenazas naturales, por ejemplo, terremotos, deslaves, maremotos etc.

Terminologías utilizadas en la inspección ocular mediante el cual se determinó estado físico de la edificación educativa:

H : Edificación habitable (daños menores)

HRI : Edificación habitable , requiere adecuación estructural inmediata (proyecto y construcción)

HRF: Edificación habitable , requiere adecuación estructural futura a mediano plazo

(proyecto y construcción).

HPRI: Edificación habitable parcialmente, requiere adecuación estructural inmediata de zonas afectadas, (proyecto y construcción).

NHRI: Edificación peligrosa no habitable , requiere adecuación estructural inmediata (proyecto y construcción).

S: Edificación que debe ser demolida (sustituida), o en su defecto destinada para otros fin, en donde no estén involucradas pérdidas posible de vidas.

Con estas terminologías, el nombre del plantel y su ubicación por Municipio, se estableció un cuadro resumen del diagnóstico de daño de cada plantel afectado sísmicamente.

PARÁMETROS ESTABLECIDOS PARA EL DICTAMEN DE LOS VEREDICTOS

- Tiempo en que se construyó la edificación (Edad).
- Normas utilizadas (Códigos Sísmico y de Diseño).
- Estructuración y Materiales (Sistema estructural, Sistema constructivo, calidad de los materiales y calidad constructiva, corrosión existente).
- Amenaza Sísmica Local (proximidad del área estudiada a la zona del sistema de falla Casanay - El Pilar).
- Condiciones del suelo local.

RESULTADOS OBTENIDOS

A cada plantel visitado se le realizó una inspección ocular basada en los parámetros establecidos anteriormente y en el cual se incluyeron los siguientes aspectos:

- Nombre y ubicación .
- Breve descripción del sistema constructivo.
- Daños producidos durante el terremoto del 09/07/97, con el veredicto de habitabilidad correspondiente de acuerdo a la terminología establecida.
- Daños adicionales observados.
- Vulnerabilidad sísmica del plantel con su veredicto de habitabilidad correspondiente.
- Recomendaciones de interés.
- Fotografías ilustrativas

De acuerdo a este procedimiento de diagnóstico establecido, una edificación podría tener dos veredicto de habitabilidad. Uno por los daños producidos por el sismo de cariacó y el otro por vulnerabilidad sísmica por sismos futuro, como se estableció en formulario de resumen de daños anexo.

CONCLUSIONES:

1. INSPECCIÓN OCULAR (PRIMERA ETAPA DEL PROCESO)

La experiencia obtenida de aplicar esta metodología de diagnóstico de daños, ha sido de mucha importancia para FEDE, ya que se entregó un informe con un cuadro de resumen de diagnósticos de daños sufridos por el sismo de los 51 planteles inspeccionados. En este cuadro de resumen se pueden observar todos los veredictos dictaminados, donde se encuentran el cierre de 21 planteles que sufrieron daños importantes por el sismo de cariacó de 1997 y además desde el punto de vista de la

vulnerabilidad sísmica ante sismos futuros se declararon no habitables, requiriendo de estudios de proyectos y adecuación estructural de inmediato (NHRI). Este diagnóstico conlleva a que FEDE realizara los estudios de adecuación estructural que involucra una segunda fase en el proceso (fotos 1, 2 y 3)

En esta primera etapa puedo concluir que esta metodología se debe seguir aplicando en todo el país ya que existen una serie de centros educativos que se encuentran construidos con las mismas características y con un alto grado de vulnerabilidad, a los cuales hay que realizarles estudios para minimizar su vulnerabilidad. (foto 1).

2. ADECUACIÓN ESTRUCTURAL (SEGUNDA ETAPA DEL PROCESO)

En esta etapa se realizan los estudios de materiales requeridos y el diagnóstico que permite llegar al estudio del proyecto de adecuación, demolición de la edificación o darle otros usos.

Estos estudios más detallados refuerzan el diagnóstico de la primera etapa y además se dan las soluciones a los problemas planteados.

El proyecto de adecuación estructural es planteado en base a la información suministrada por el ente contratante o propietario del centro educativo (FEDE, GOBERNACIONES, MINISTERIO DE INFRAESTRUCTURA , O ALCALDÍAS). Si no existe esta información , se tiene que obtener en el sitio y debe ser verificado por el ingeniero responsable del proyecto en la unidad educativa analizada.

En esta etapa se deben elaborar los modelos matemáticos que se deben adaptar a la solución más adecuada, analizada con las normativas de sismo y diseños vigente, el cual en las normas venezolanas de sismo vigentes, se ha asignado un capítulo completo (12) para edificaciones existentes que involucra la adecuación, rehabilitación, reforzamientos etc. es muy importante tomar en cuenta la razón costos / beneficios de los proyectos de adecuación, favorables para el sector gubernamental involucrado en esta materia.

Hay que dejar muy claro los costos comparativos aproximados de la construcción del proyecto de adecuación, donde se deben considerar:

- Costo de la edificación existente (hacerla nueva con las mismas características, incluyendo su demolición para utilizar la misma parcela de terreno)
- Costo de una edificación con un nuevo sistema constructivo (que cubra la misma matrícula escolar, debe incluirse el costo de demolición, recolección de escombros y preparación de la parcela para ser de nuevo construida).
- Costo de la adecuación estructural (reforzamiento de la edificación existente, deben incluirse los costos de traslado de la matrícula escolar a otra instalación durante todo el proceso constructivo hasta el regreso de nuevo a la edificación reforzada)

Una vez definidos estos costos, se debe definir el tiempo de construcción de una escuela nueva comparativo con una adecuación estructural.

Por último una adecuación estructural no debe superar el 40% de los costos, del costo de construcción de una edificación nueva, con las mismas características de la edificación que se va adecuar.

El éxito de una adecuación estructural se encuentra en la realización de un buen proyecto por profesionales con experiencia en la materia y estar involucrado con la inspección de la misma debido a lo complejo y delicado de la adecuación estructural, a la selección de la empresa especializada que garantice la ejecución de la obra en el tiempo señalado y a la garantía del suministro de los materiales, mano de obra especializada, equipos y maquinarias, etc.

Podemos concluir primero que una adecuación estructural siempre va a depender del tipo de edificación que se va adecuar, su sistema constructivo, modelo matemático adecuado, incidencia entre la razón costos/ beneficios del proyecto adecuado, el tiempo de construcción del proyecto con relación al tiempo de construcción de un nuevo proyecto para una nueva edificación, al que hay que sumarle los tiempos de demolición y el tiempo de ubicación de nueva sede para el traslado de la matrícula de ese plantel y por último los recursos para financiar el proyecto y construcción.

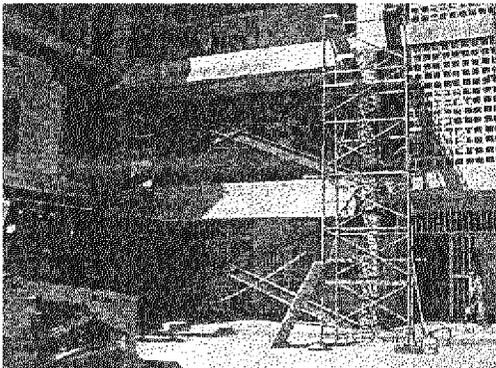


FOTO 1. ADECUACIÓN ESTRUCTURAL
CARACAS.

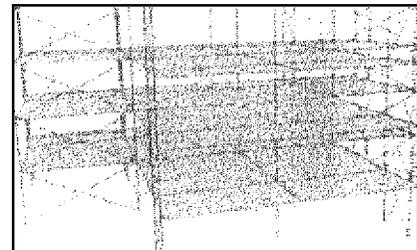


FOTO 2. MODELO MATEMATICO DE
LA ADECUACIÓN DE U.E.

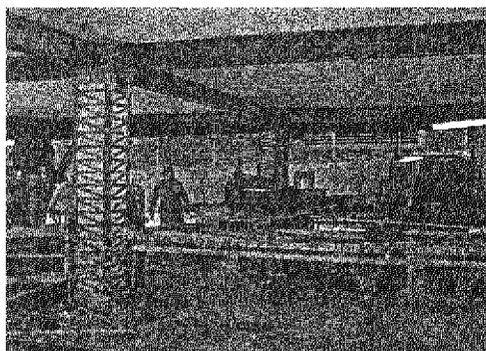


FOTO 3. ADECUACION ESTRUCTURAL



FOTOS 4. EVALUACION POR DAÑOS
SISMICO LICEO PEDRO ARNAL. EDO SUCRE

RECOMENDACIONES

- Se sugiere al gobierno nacional a través de FEDE, crear programas de evaluación y adecuación estructural permanente para las edificaciones educativas de todo el país . Con estos programas se puede minimizar la vulnerabilidad sísmica de estas edificaciones.
- Se debe realizar una normativa especial y sencilla de diseño y construcción exclusiva para las edificaciones educativas. Esta debe ser consultada con los profesionales de la ingeniería y los entes involucrados con el aspecto normativo.
- En vista que dentro del gobierno nacional existen diversas instituciones que proyectan y construyen edificaciones educativas, sin ningún lineamiento de un ente rector que dicte las pautas técnicas del proyecto y de la construcción, esto ha generado que se encuentren proyectos de muy baja calidad estructural y constructiva, conjuntamente con la falta de una buena inspección durante la fase constructiva y una supervisión periódica a estas edificaciones para su mantenimiento, hacen que se encuentren plantas físicas deterioradas con corrosión, filtraciones en los techos, sistemas eléctricos insuficientes y por último estructuras abandonadas o escuelas que se construyen en etapas de varios años.

La recomendación que yo hago es crear un ente rector que dicte las directrices técnicas para la realización de los proyectos, construcciones, inspecciones y supervisión del mantenimiento de las edificaciones educativas.

REFERENCIAS:

EVALUACION ESTRUCTURAL DE CENTROS EDUCATIVOS DAÑADOS DURANTE EL TERREMOTO DE CARIACO DEL 9 DE JULIO DE 1997, ESTADO SUCRE. INGENIEROS FELIPE FIGUERA R.- JOSE L. ALONSO.

PROYECTOS DE ADECUACIÓN ESTRUCTURAL DE UNIDADES EDUCATIVAS EN EL ESTADO SUCRE Y CARACAS. ING. FELIPE FIGUERA R.

SEMINARIO 2000 / DESASTRE SÍSMICO EN DESARROLLO.

NORMAS COVENIN 1756-98 / EDIFICACIONES SISMORESISTENTES
NORMAS COVENIN 1756- 82 /EDIFICACIONES SISMORESISTENTES
ACI-318-95
ACI-318-99

MANUAL DE DISEÑO DE ESTRUCTURA DE ACERO /
ROGER L. BROCKENBROUGH/ FREDERICK S. MERRITT.

REVISTA IMCYC (INSTITUTO MEXICANO DEL CONCRETO)