



Ciencia en su PC

ISSN: 1027-2887

manuela@megacen.ciges.inf.cu

Centro de Información y Gestión
Tecnológica de Santiago de Cuba
Cuba

Morejón-Blanco, Grisel; Leyva-Chang, Kenia; Arco-Medina, Bárbara Rachel
EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES
POSTERREMOTOS

Ciencia en su PC, núm. 4, 2017, pp. 78-90

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba
Santiago de Cuba, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181353794006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES POSTERREMOTOS

POST-EARTHQUAKE ASSESMENT OF BUILDINGS STRUCTURAL SAFETY

Autores:

Grisel Morejón-Blanco, grisel@cenais.cu. Teléfono: 642583, 641613, 641607¹

Kenia Leyva-Chang, kenia@cenais.cu¹

Bárbara Rachel Arco-Medina, cpc@megacen.ciges.inf.cu. Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería (Emproy 15). Santiago de Cuba, Cuba.

¹Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (Cenais). Santiago de Cuba, Cuba.

RESUMEN

En los últimos años en la comunidad internacional ha aumentado la preocupación por el incremento del número de desastres y por la tendencia creciente de sus efectos destructivos, que se concentran en amplios sectores de la población. Por esta razón, se hace necesario elevar al máximo las medidas de prevención antes, durante y después de estos fenómenos. En el trabajo se propone un procedimiento para la evaluación rápida posterremoto de la seguridad estructural en edificaciones, luego de la ocurrencia de sismos significativos. Dependiendo del nivel de evaluación, se establecen las características, así como una estimación del tiempo requerido; además, se especifican tres tipos de etiquetas para clasificar la seguridad de las edificaciones. Estos resultados serán de gran utilidad para la toma de decisiones de las entidades con responsabilidad en dicha rama, atendiendo principalmente a las medidas pertinentes, con el propósito de rehabilitar, mantener y conservar estas edificaciones en estado óptimo.

Palabras clave: seguridad estructural, evaluación posterremoto de edificaciones.

ABSTRACT

In recent years, the international community has become increasingly concerned about the increment in the number of disasters and the growing trend of its destructive effects, which are concentrated on large sectors of the population. For this reason, it is necessary to maximize prevention measures before, during and after this phenomenon. The research proposes a procedure for the rapid post-earthquake assessment in buildings, following the occurrence of significant earthquakes. Depending on the level of evaluation, the characteristics are established, as well as an estimate of the time required; In addition, three types of labels are specified to classify the security of buildings. These results will be of great use for the decision making of the entities with responsibility in said branch, attending mainly to the pertinent measures, with the purpose of rehabilitating, maintaining And keep these buildings in optimum condition.

Key words: structural safety, assessment post-earthquake of buildings.

INTRODUCCIÓN

La ocurrencia de un terremoto potencialmente destructivo puede tener consecuencias graves para el desarrollo sostenible de una comunidad, por lo que el conocimiento de los factores amenazantes, tanto directos, como las sacudidas; o inducidos, como deslizamientos, hundimientos, entre otros, permitirá adoptar las medidas adecuadas para enfrentar estas violentas manifestaciones de la naturaleza.

Las experiencias obtenidas en terremotos recientes han evidenciado el mal comportamiento de las edificaciones ante estos eventos y la necesidad de reforzar aquellas estructuras con poca o ninguna capacidad de respuesta sismorresistente. En la figura 1 se muestran algunas edificaciones dañadas durante la ocurrencia de sismos fuertes.



(a) China, 12 de mayo 2008



(b) Haití, 12 de enero 2010



(c) Nepal, 25 de abril 2015

Figura 1: Daños producidos por terremotos en edificaciones

Muchas de estas debilidades son creadas por las propias personas de la comunidad cuando escogen sitios inadecuados o peligrosos para construir sus hogares, fabrican sus viviendas con materiales de construcción de mala calidad, no consultan cuál es la forma más segura de construcción para resistir los terremotos, destruyen el medioambiente con la contaminación de las aguas de los ríos y suelos o no están preparados para saber actuar correctamente ante la ocurrencia de terremotos fuertes. Por tanto, si en la ciudad de Santiago de Cuba se convive con la amenaza de un terremoto y se crean vulnerabilidades, se puede afirmar que existe un determinado nivel de riesgo sísmico, lo cual significa que pueden producirse daños cuando ocurra un terremoto de gran intensidad. De ahí que el objetivo de este trabajo fue proponer una metodología para la evaluación rápida de edificaciones posterremoto, que permita definir los niveles de daños que estas presentan luego de la ocurrencia de un evento sísmico de moderada o gran intensidad.

METODOLOGÍA

Para cumplimentar el objetivo propuesto se realizó una revisión bibliográfica relacionada con el tema de la evaluación de la seguridad estructural de las edificaciones luego de la ocurrencia de terremotos moderados y fuertes. Se adoptaron los siguientes procedimientos.

- Definir los conceptos generales relacionados con la determinación de la vulnerabilidad y el riesgo sísmico en edificaciones, para establecer los diferentes aspectos necesarios que permiten la comprensión de la importancia de la estimación de los daños que puede producir un terremoto en las edificaciones.
- Evaluar algunas consecuencias de la ocurrencia de terremotos para las edificaciones mediante la búsqueda de muestras de estructuras afectadas por sismos; para esto se utilizaron imágenes fotográficas de estructuras, tanto de Cuba como del mundo; además, se realizaron comparaciones entre estas.
- Identificar métodos de evaluación de estructuras con daños provocados por sismos. Se utilizaron criterios de expertos para realizar algunas

comparaciones entre diferentes métodos y metodologías usados para la estimación de daños en edificaciones, de estos se escogieron aquellos que por experiencia han dado mejores resultados según las condiciones de nuestro país.

- Proponer un método de evaluación estructural posterremoto: A partir del análisis de métodos existentes se propone una metodología para la evaluación rápida de edificaciones afectadas por terremotos de moderada a gran intensidad. En dependencia de las características de la edificación y los daños observados se colocan las etiquetas de inspección, identificadas por el texto y el color de fondo.

RESULTADOS

La provincia de Santiago de Cuba está catalogada como la de mayor peligrosidad sísmica del país. Datos existentes destacan que de los 961 sismos perceptibles del país, 537 tuvieron su epicentro en la provincia de Santiago de Cuba; de ellos 22 terremotos han sido fuertes (Chuy, 1999), con magnitudes mayores de 5 en la escala de Richter; 20 ocurrieron en el sector Chivirico-Baconao y 2 en el sector Pilón-Cabo Cruz, provincia Granma.

El mayor evento sísmico del pasado siglo (magazine *Las Noticias*, 1932) provocó serias afectaciones en el 80 % de las edificaciones de la ciudad y la pérdida de más del 50 % de los edificios, que quedaron totalmente destruidos; lo que trajo grandes pérdidas económicas y sociales y, por tanto, un impacto negativo al medioambiente.

El objetivo básico de la evaluación estructural posterior a un evento sísmico es establecer de una manera eficaz y rápida cuáles edificaciones están en condiciones de ser utilizadas y cuáles, por haber sufrido daños, son inseguras o no habitables.

El procedimiento de evaluación estructural posterior a un evento sísmico considerable implica un procedimiento que puede tener hasta tres niveles de evaluación.

El primer nivel consiste en una Evaluación rápida de inspección visual en cada edificación seleccionada, orientado para que con premura se designe el nivel de

seguridad aparente de las edificaciones, que se clasificarían como seguras, potencialmente peligrosas (de entrada limitada) o inseguras. En la figura 2 se muestra el procedimiento para la evaluación rápida de la seguridad sísmica estructural de las edificaciones después de la ocurrencia de un sismo de moderada o gran magnitud.

El segundo nivel, designado como Evaluación detallada, es una inspección más pormenorizada que la del nivel anterior. En esta las estructuras se clasifican como seguras, potencialmente peligrosas (de entrada limitada) o inseguras.

Finalmente, el tercer nivel consiste en una Evaluación ingenieril, que deberá realizar un ingeniero estructural. Este estudio incluye un reconocimiento detallado, la localización de los daños, los cálculos estructurales y una evaluación cuantitativa de los daños de la estructura.

De ser necesario se recomienda una inspección más especializada, profunda y detallada, realizada por especialistas, para poder obtener mejores conclusiones relativas a la seguridad en que se encuentran las edificaciones.

Dependiendo del nivel de evaluación, se determina su alcance. La tabla 1 establece las características de cada nivel de evaluación, así como una estimación del tiempo requerido.

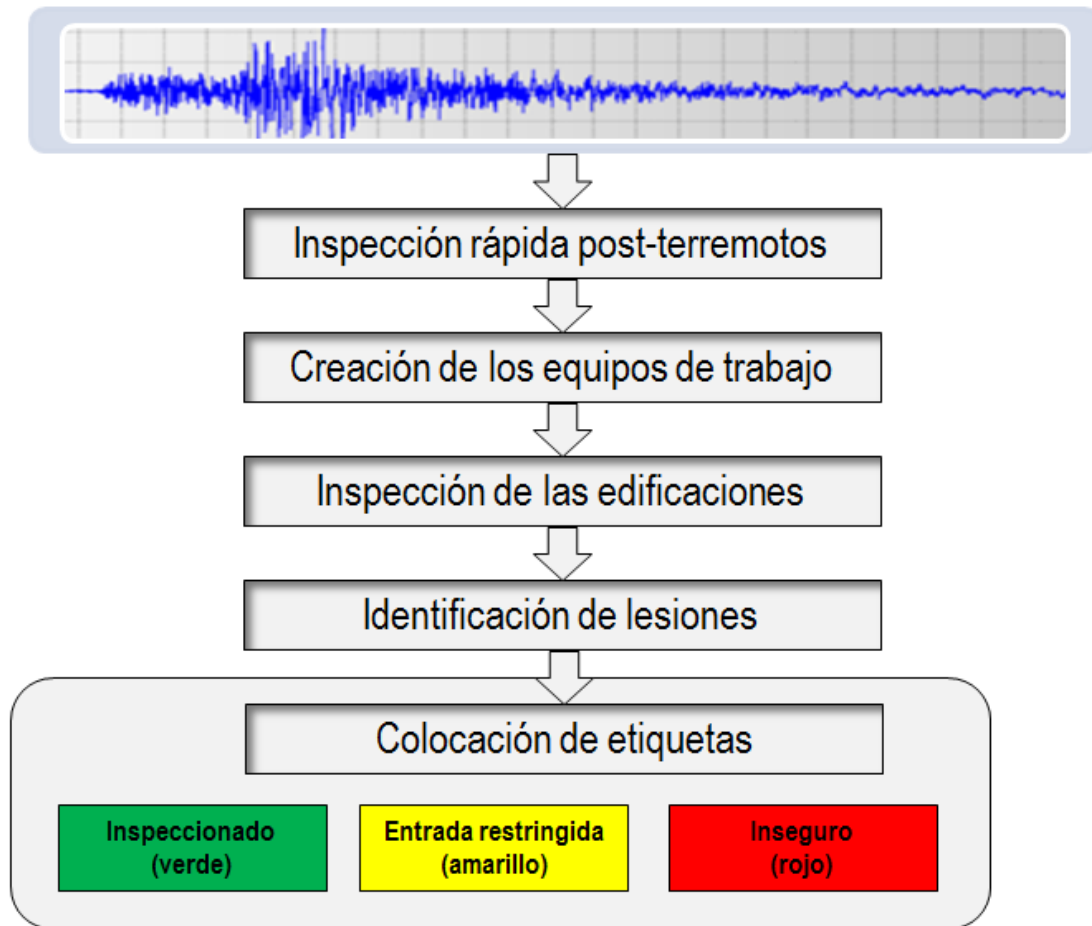


Figura 2: Esquema metodológico para la evaluación estructural posterremoto

Tabla 1 Alcances y limitaciones de la evaluación posterior a un evento sísmico

Nivel	Descripción	Tiempo estimado por edificación
Evaluación rápida	Se usa para, de forma rápida, etiquetar las edificaciones como evidentemente inseguras, seguras o que requieren una Evaluación detallada.	10 – 20 minutos
Evaluación detallada	Evaluación visual cuidadosa, cualitativa, de edificios dañados y situaciones cuestionables. Se usa para determinar de la mejor manera la seguridad de la estructura e identificar edificaciones que requieren una Evaluación ingenieril.	1 – 4 horas
Evaluación ingenieril	Investigación ingenieril detallada de edificaciones dañadas, involucra el uso de planos de la construcción, datos de daños y nuevos cálculos estructurales.	7 días o más

Se pretende que una adecuada aplicación de los criterios definidos en la guía permita:

- Valorar, en caso de un sismo de magnitud significativa, la condición de los elementos estructurales y no estructurales de la edificación, para tomar decisiones sobre la posibilidad de habitar o no el edificio.
- Reducir pérdidas humanas y materiales como consecuencia de daños estructurales existentes, de la caída de objetos diversos y de los posibles efectos de las réplicas tras el evento sísmico principal.
- Identificar las necesidades de la población desde el punto de vista de la seguridad de los edificios, para poder definir las actuaciones relacionadas con la protección y el alojamiento de los afectados.
- Disponer de información para una estimación rápida y aproximada de las pérdidas económicas directas causadas por los daños en los edificios.
- Registrar información sobre el número de edificios habitables, dañados o colapsados; para que tras su clasificación y análisis puedan planificarse el proceso de rehabilitación y la asistencia en la fase de recuperación y reconstrucción de la zona afectada.
- Suministrar información técnica que permita mejorar la normativa sismorresistente a medio plazo.

En las primeras horas o días después de un terremoto, las edificaciones en el área de daño deberán ser evaluadas mediante el procedimiento de Evaluación rápida.

Las edificaciones que tienen una seguridad cuestionable y que están designadas temporalmente como de Entrada limitada estarán sujetas a una Evaluación detallada, la que deberá realizarse, prioritariamente, pocos días después de la Evaluación rápida.

En la Evaluación detallada se hará un examen visual minucioso de las estructuras, con el propósito de determinar el grado de seguridad de la edificación. Si la edificación no se puede catalogar como segura o insegura deberá procederse a una Evaluación ingenieril.

Creación de equipos de trabajo

Normalmente, tras un sismo importante no se cuenta con el número suficiente de profesionales con la experiencia idónea, por lo que las autoridades han de trabajar con el personal disponible, en cuyo caso parece lógico involucrar a estudiantes de los últimos cursos de carreras técnicas relacionadas con la integridad estructural para la realización de las inspecciones en las zonas menos afectadas, o como auxiliares y acompañantes de los profesionales que cumplan los requisitos citados.

En general, las personas requeridas para la inspección de daños en edificios deben ser profesionales relacionados con el sector de la construcción (ingenieros civiles y arquitectos). En cualquier caso cada equipo de evaluación deberá estar formado preferentemente por al menos dos personas, una de las cuales debería tener los conocimientos citados anteriormente.

Estos requisitos persiguen el propósito de que el personal dedicado a estas tareas pueda distinguir con facilidad los daños estructurales de los no estructurales, sepa evaluar su trascendencia, detecte daños no usuales y, en general, disponga de la experiencia y el criterio suficientes para decidir sobre la necesidad o conveniencia de habitar, evacuar o demoler un edificio.

Con independencia de su experiencia profesional, todo el personal involucrado en la inspección de los edificios debe tener previamente conocimientos básicos sobre

la forma de rellenar la planilla de inspección y evaluación de daños posterremoto, utilizada para la clasificación de los edificios en habitables o no habitables.

Planilla de inspección

En la figura 3 se muestra la planilla de inspección que debe ser usada por profesionales del área de la construcción.

Etiquetas de inspección

Después de realizada la inspección deberá clasificarse la edificación con el grado de seguridad mediante la colocación de etiquetas, identificadas por el texto y el color de fondo. Esto se realiza con el objetivo de indicar al propietario, los ocupantes y al público en general si la estructura es segura o no. Se especifican tres tipos de etiquetas para clasificar la seguridad de las edificaciones: Inspeccionada, Entrada Restringida e Inseguro. Las etiquetas de Entrada Restringida e Inseguro no necesariamente implican solamente daños estructurales, ya que deben incluir daños a los elementos no estructurales, instalaciones, derrames tóxicos o químicos en áreas específicas de la edificación. Las etiquetas están clasificadas por color, según el grado de seguridad que presenten (ver tabla 2).

Tabla 2 Clasificación de etiquetas

Etiqueta	Descripción
INSPECCIONADA Se permite la entrada al inmueble No existencia de daños con peligro para la vida. Reportar cualquier daño posterior a la fecha de la inspección <i>No quitar, ni alterar los datos de la etiqueta</i>	No se encuentra ningún riesgo evidente, aunque se requieran reparaciones menores. La capacidad original del sistema sismorresistente no disminuyó. No hay ninguna restricción en uso u ocupación.
RESTRICCIÓN DE ENTRADA Edificación dañada No ingreso a áreas especificadas Reportar cualquier daño posterior a la fecha de la inspección <i>No quitar, ni alterar los datos de la etiqueta</i>	Pueden existir condiciones peligrosas. No se permite la entrada; excepto al propietario, solo por emergencias y bajo su propio riesgo. No se permite el ingreso al público. Hay posibilidad de mayores riesgos posteriores a un evento sísmico de magnitud significativa.
INSEGURO Prohibida la entrada al inmueble Existencia de daños con peligro para la vida. <i>No quitar, ni alterar los datos de la etiqueta</i>	Existe mucho peligro, con daños de gran magnitud. Riesgo de colapso posterior a un evento sísmico considerable. No se permite el ingreso, excepto para personal calificado.

Identificación del inspector

Nombre del evaluador: _____
 Fecha de inspección: _____ Hora de inspección: _____
 Institución a la que pertenece: _____
 Profesión: _____
 Firma: _____

Identificación del inmueble

Provincia: _____ Municipio: _____
 Consejo Popular: _____
 Identificación del edificio: _____
 Dirección: _____
 Coordenadas X: _____ Y: _____
 Uso del edificio: _____
 Ho: Hospital, Of: Oficinas, Ca: Cárcel, CR: Centro Recreativo, Gg: Edificio de Gobierno, Po: Policía, IS: Otras instalaciones de salud, Es: Escuela, O: Otros (Indicar Tipo)
 N° de pisos: _____ Área: _____ x _____ = _____ m²

Sistema estructural

☐ Hormigón armado		☐ Albañilería	
Estructura		Estructura	Tipo de bloques
☐ Marcos		☐ Simple	☐ Ladrillo
☐ Muros		☐ Confinada	☐ Hormigón
☐ Mixtos		☐ Reforzada	☐ Adobe
			☐ Piedra
			☐ Otros
☐ Acero		☐ Madera	
Estructura	Uniones	Estructura	
☐ Pórtico	☐ Soldadas	☐ Pórticos	
☐ Arriostrado	☐ Apernadas	☐ Muros	
	☐ Mixto		

Comentarios

Comente si ve más de un sistema estructural, intervenciones distintas o cualquier observación estructural importante de carácter general.

Inspección general. Método de inspección del inmueble

☐ Inspección exterior	☐ Inspección exterior y visual interior, indicar pisos _____
--	---

Rango	Pertinencia	A	B	C
a) Colapso total o parcial		☐ No	_____	☐ Sí
b) Daño producto de golpeteo de edificaciones adyacentes o falla del suelo colindante		☐ No	☐ Incierto	☐ Sí
c) Asentamiento del edificio debido a fallas del suelo		☐ <0,2 m	☐ 0,2-1,0 m	☐ >1,0 m
d) Inclinación del edificio completo o de una parte debido a asentamientos diferenciales		☐ <1/60 rad	☐ 1/60-1/30 rad (aparentemente inclinado)	☐ >1/30 rad (fácil de notar)
e) Deformación de estructura de techo total o parcial		☐ <1/60 rad	☐ 1/60-1/30 rad (aparentemente inclinado)	☐ >1/30 rad (fácil de notar o grietas en cordones)

Figura 3: Planilla de inspección

CONCLUSIONES

1. En el trabajo se propone un procedimiento para la evaluación de la seguridad sísmica estructural de las edificaciones después de la ocurrencia de un sismo de moderada o gran magnitud.
2. Dependiendo del nivel de evaluación, se determina su alcance, se establecen las características de cada nivel de evaluación, así como una estimación del tiempo requerido.
3. Se especifican tres tipos de etiquetas para clasificar la seguridad de las edificaciones: Inspeccionada, Entrada Restringida e Inseguro. Las etiquetas de Entrada Restringida e Inseguro no necesariamente implican solamente daños estructurales, ya que deben incluir daños a los elementos no estructurales, instalaciones, derrames tóxicos o químicos en áreas específicas de la edificación.
4. La ficha de inspección rápida de edificación está orientada a desastres por sismos, con el fin de evaluar un inmueble para la seguridad de las personas, tanto en el interior como en las inmediaciones; orientada a la capacidad remanente de la estructura. Debe ser usada por profesionales del área de la construcción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chuy, T. (1999). *Macrosísmica de Cuba y su aplicación en los estimados de Peligrosidad y Microzonación Sísmica* (Tesis en opción de Grado de Doctor en Ciencias Geofísicas) (Fondos del Cenais e Instituto de Geofísica y Astronomía). Santiago de Cuba, Cuba.

Las Noticias (magazine). (1932). Crónicas del terremoto del 3 de febrero de 1932.

Recibido: junio de 2016

Aprobado: diciembre de 2016