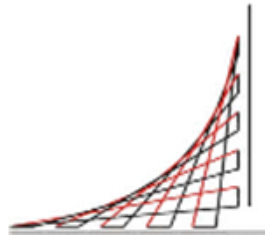


**EVALUACIÓN DE DAÑO ESTRUCTURAL POST-SISMO EN EDIFICACIONES:
ESTADO DEL ARTE**



**INGENIERA CIVIL
ZULMA CRISTINA GIL MANCIPE
CÓDIGO 2101324**

**ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
ESPECIALIZACIÓN EN ESTRUCTURAS
BOGOTÁ AGOSTO 2015**

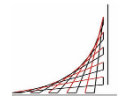
**EVALUACIÓN DE DAÑO ESTRUCTURAL POST-SISMO EN EDIFICACIONES:
ESTADO DEL ARTE**

**INGENIERA CIVIL
ZULMA CRISTINA GIL MANCIPE
CÓDIGO 2101324**

INGENIERA CIVIL

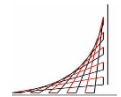
**SANDRA ROCÍO JERÉZ BARBOSA
DIRECTOR
TRABAJO DE GRADO**

**ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
ESPECIALIZACIÓN EN ESTRUCTURAS
BOGOTÁ AGOSTO 2015**



CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
2.	PROBLEMÁTICA	7
2.1.	MOTIVACIÓN.....	7
2.2.	ANTECEDENTES	8
2.3.	BASES TÉCNICAS – DEFINICIONES	8
3.	TRABAJOS REALIZADOS EN EL ÁREA	9
3.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS.....	10
3.1.1.	Inspección de daño post-sismo de Edificaciones en Colombia. FOPAE - AIS ...	10
3.1.2.	Herramienta Computacional para la evaluación de daño Post-Sismo en edificios (Carreño et al., 2006).....	20
3.1.3.	Manual del formato de captura de datos para evaluación estructural (Aragón J, et al., 2011).....	24
3.1.4.	Propuesta de evaluación estructural post sismo Chile (Santa María H, et al., 2010)	28
3.1.5.	Instructivo para la evaluación técnica de daños en viviendas post desastres (MINVU Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile)	30
3.1.6.	Fichas de lesiones típicas de daño por terremotos en inmuebles Chile (Hurtado E., 2014)	31
3.1.7.	Evaluación de niveles de daño y rendimiento de elementos de concreto reforzado bajo efectos sísmicos (Jiang H. et al., 2011).....	33
3.1.8.	Evaluación de daño post-sismo. Índice de daño global basado en probabilidad. (Jeréz S. 2012)	37
3.2.	COMPARACIÓN	41
4.	APLICACIONES	43
5.	PERSPECTIVAS DEL DESARROLLO DEL ÁREA.....	54
5.1.	Áreas de trabajo actual.....	54
5.2.	Problemas por resolver.....	55
6.	CONCLUSIONES.....	56

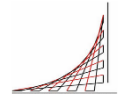


ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Recopilación de estudios realizados	9
Tabla 2 Elementos estructurales a evaluar dependiendo del sistema estructural	11
Tabla 3 Índices de daño.....	12
Tabla 4 Nivel de daño.....	13
Tabla 5 Nivel de daño - Mampostería	14
Tabla 6 Nivel de daño-Muros de tapia, adobe o bahareque.....	14
Tabla 7 Nivel de daño – estructuras en acero.....	15
Tabla 8 Nivel de daño – estructuras en madera.....	15
Tabla 9 Nivel de daño - entrepisos	16
Tabla 10 Definición de Habitabilidad.....	16
Tabla 11 Clasificación de irregularidades en planta	18
Tabla 12 Clasificación de irregularidades en altura.....	18
Tabla 13 Comparación entre índices de daño.....	24
Tabla 14 Comparación entre índices de daño.....	27
Tabla 15 Comparación entre métodos cuantitativos	41
Tabla 16 Inercias para condiciones agrietadas	47
Tabla 17 Frecuencias modales	49
Tabla 18 Frecuencias modales	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación de los métodos de inspección de daño post-sismo	10
Figura 2 Etiquetas de Habitabilidad	17
Figura 3 Esquema de Red Neuronal Artificial	20
Figura 4 Esquema general del método usando RNA y conjuntos difusos	22
Figura 5 Herramienta computacional para AIS	23
Figura 6 Esquema RNE	25
Figura 7 Esquema propuesto Chile.....	29
Figura 8 Daño en vivienda	30
Figura 9 Índices de daño	32
Figura 10 Comparación método Park-Ang y método modificado	36
Figura 11 Índices de daño	36
Figura 12 Planta edificio Bonefro	43
Figura 13 Corte edificio Bonefro	44
Figura 14 Índices de daño	46
Figura 15 Fotografías de daño en el edificio. Bonefro.....	47
Figura 16 Curvas de esfuerzo-deformación experimentales para concreto y acero	50
Figura 17 Curvas de esfuerzo-deformación experimentales para concreto y acero	51
Figura 18 Evolución de daño primer piso-paneles exteriores sentido Y	52
Figura 19 Evolución de daño primer paneles exteriores sentido X.....	53



1. INTRODUCCIÓN

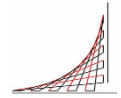
La evaluación de daño en edificaciones luego de soportar las fuerzas debidas a un evento sísmico, resulta ser un tema de gran importancia pues ante tal emergencia es necesario definir rápidamente la habitabilidad de las edificaciones para poder garantizar la seguridad de las personas y definir cuál es su estado y comportamiento estructural actual.

Se han realizado muchos estudios que han permitido desarrollar diferentes métodos para la inspección de daño post-sismo, dentro de los cuales encontramos procedimientos cuantitativos que se basan en realizar una inspección visual por parte de personal capacitado y bajo unos formatos previamente establecidos se califica la estructura. También métodos cuantitativos; en los cuales se desarrolla un procedimiento basado generalmente en modelos no lineales que involucran las propiedades de los materiales luego de realizar ensayos en campo. Otro método de inspección es el desarrollado mediante el uso de fotografías satelitales de alta definición y sistemas de información geográfica que proporcionan información rápida de zonas de edificios colapsados.

Cuando se requiere de una evaluación detallada lo más común es usar métodos cuantitativos mientras que si se trata de una evaluación a gran escala lo mejor es usar cualitativos. Como se mencionó anteriormente se hace una evaluación de daño rápida con personal previamente capacitado para hacer una inspección visual de las edificaciones y de la manera más objetiva posible identificar y clasificar los daños observados, como son: grietas, fisuras, deformaciones, etc., para establecer su incidencia en el comportamiento de la estructura. Para éste fin, se provee al personal de formularios de chequeo de puntos clave que generalmente son desarrollados y suministrados por las entidades de atención de emergencias.

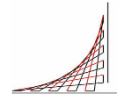
Un método más juicioso de inspección consiste realizar una evaluación detallada revisando de manera cuidadosa el estado de servicio de la edificación, para lo cual se han propuesto diferentes métodos numéricos que permiten cuantificar de alguna manera el daño.

El objetivo de éste trabajo es recopilar información desarrollada en el tema de evaluación de daño post-sismo y de una manera resumida mostrar algunos de éstos procedimientos y sus aplicaciones.



Para el caso de los métodos de inspección cuantitativos se presentarán modelos de diferentes países como Colombia, Chile y México, lo cual permite realizar una comparación entre ellos y así concluir respecto al avance y la dirección que tiene el tema de la evaluación de daño después de un sismo teniendo en cuenta la importancia y sus posibles implicaciones de desarrollo.

También se presentarán ejemplos de aplicación puntuales de métodos cuantitativos en países como Italia en el cual se tiene en cuenta todas las características de los materiales, así como la información de diseño conocida y observaciones in-situ para realizar modelos que incluyen análisis no lineal y permiten revisar, por ejemplo, la estructura considerando sus elementos agrietados.



2. PROBLEMÁTICA

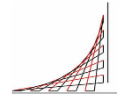
Nuestro país en particular se encuentra localizado en una zona de alta actividad sísmica, por lo cual, se hace importante el estudio de todos los aspectos relacionados con la gestión de riesgo sísmico para nuestra comunidad. Teniendo en cuenta que la ingeniería civil, en particular la ingeniería estructural tiene como fin garantizar que sus diseños y construcciones protejan la vida es indispensable estudiar todos los métodos de diseño así como los métodos de evaluación post-sismo, además teniendo en cuenta que nuestro país cuenta con un alto porcentaje de estructuras diseñadas bajo códigos obsoletos o sin ningún diseño estructural formal.

Realizar una evaluación oportuna y precisa de las edificaciones luego de un sismo es primordial para la toma de decisiones y utilización de recursos ante una emergencia como ésta. Evaluar adecuadamente una estructura permitirá saber si es posible seguir habitándola inmediatamente, si se requiere de alguna adaptación para poder usarla o si definitivamente dicha edificación no puede ser habitada nuevamente y por el contrario representa un peligro inminente adicional y es mejor realizar una demolición.

2.1. MOTIVACIÓN

Son muchos los estudios que se han realizado respecto a la evaluación post-sismo, por lo cual resulta interesante recopilarlos en un mismo documento y poder compararlos y discutirlos. Es interesante ver la efectividad de los métodos meramente cualitativos respecto a los métodos cuantitativos, además vale la pena realizar una comparación entre las inspecciones que se encuentran vigentes en nuestro país respecto a los sistemas de evaluación que se tienen en otros países para revisar en qué nivel de investigación nos encontramos.

En Colombia existe un documento creado por el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE y la Asociación de Ingeniería sísmica AIS con fecha de Diciembre de 2009 el cual fue difundido entre profesionales voluntarios que fueron capacitados en su momento para ser certificados como inspectores. Es importante revisar si se han realizado más capacitaciones o actualizaciones para el personal que ya está certificado como inspector voluntario dada la responsabilidad que esto implica.



El avance tecnológico también provee de novedosos métodos para la inspección de daño estructural, como es el caso de las imágenes satelitales de alta definición para realizar comparaciones entre las estructuras antes y después de un sismo y de ésta manera y bajo el desarrollo de algoritmos poder cuantificar el daño. Lo anterior es un ejemplo de la dirección que podrían tener los métodos de inspección de daño y su impacto ante los planes de contingencia de una emergencia de éste tipo.

2.2. ANTECEDENTES

Diferentes sismos como el de Chile el 27 de febrero de 2010, el de Haití el 12 de enero de 2010, entre otros nos permiten ver las diferencias que se presentan en los daños a las estructuras y el impacto que esto tiene ante la emergencia por lo cual resulta interesante comparar los métodos que se tienen en cada uno de los casos para la inspección de daño estructural en las edificaciones y evaluar también la eficiencia de cada método junto con las dificultades a las que hay que enfrentarse para llevarlos a cabo.

2.3. BASES TÉCNICAS – DEFINICIONES

Sismo: Vibraciones de la corteza terrestre inducidas por el paso de las ondas sísmicas provenientes de un lugar o zona donde han ocurrido movimientos súbitos de la corteza terrestre.

Fuerza sísmica: Fuerzas usadas en el diseño de una estructura debido a los efectos inerciales causados por la aceleración de un sismo.

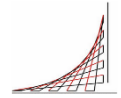
Sismo de diseño: Requisitos mínimos de movimientos sísmicos con que se debe diseñar una estructura.

Periodo natural: Tiempo que se demora en completar un ciclo en vibración libre sin amortiguamiento.

Daño Global: Daño generalizado de toda la estructura.

Daño Local: Daño puntual en elementos estructurales.

Espectro elástico de diseño: Valores máximos de aceleración absoluta vs el periodo o la frecuencia de un evento sísmico.

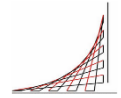


3. TRABAJOS REALIZADOS EN EL ÁREA

En la Tabla 1, se encuentra la recopilación de información tenida en cuenta para el desarrollo de éste trabajo:

Tabla 1 Recopilación de estudios realizados

	AÑO	LUGAR	AUTOR	TITULO
1	2014	ITALIA	Antonio Di Cesare, Felice Carlo Pozzo, Marco Vona, Mauro Dolce, Angelo Masi, Maria Rosaria Gallipoli, Marco Mucciarelli	Identification of the structural model and analysis of the global seismic behaviour of a RC damaged building
2	2012	LISBOA	S. Jérez	Post-seismic damage evaluation: A probability-based global damage index
3	2012	CHINA	Xiaohua Tong	Building-damage detection using pre- and post-seismic high-resolution satellite stereo imagery: A case study of the May 2008 Wenchuan earthquake
4	2011	CHINA	H. J. Jiang, L. Z. Chen, Q. Chen	Seismic Damage Assessment and Performance Levels of Reinforced Concrete Members
5	2011	USA	Asaollah Bassam, Amirhossein Iranmanesh, Farhad Ansari	A simple quantitative approach for post earthquake damage assessment of flexure dominant reinforced concrete bridges
6	2010	CHINA	Timo Balz Mingsheng Liao	Building-damage detection using post-seismic high-resolution SAR satellite data
7	2010	CHILE	H. Santa María, Allard, Lürdes, M. Santa María	Plan de protección civil: sistema de evaluación estructural rápida post-sismo de edificios e infraestructura
8	2009	TAIWAN	Q. Xue, C.W. Wu, C.C. Chen, W.Y Chou	Post-earthquake loss assessment based on structural component damage inspection for residential RC buildings
9	2007	ESPAÑA	Alex H. Barbat, Luis G. Pujades, Nieves Lantada	Seismic damage evaluation in urban areas using the capacity spectrum method: Application to Barcelona
10	2006	COLOMBIA	Martha Liliana Carreño Omar Darío Cardona A Mabel Cristina Marulanda Alex H. Barbat	Herramienta Computacional para la evaluación post-sísmica de daños de edificios
11	2009	COLOMBIA	AIS	Procedimientos para la inspección de edificaciones después de un sismo
12	-	COLOMBIA	Martha Liliana Carreño Tibaduiza	Sistema experto para la evaluación del daño post-sísmico en edificios
13	-	USA	Yousef Bozorgnia, Vitelmo V. Bertero	Improved damage parameters for post-earthquake applications
14	2011	MÉXICO	Joel Aragón Cárdenas Leonardo E. Flores Corona Óscar A. López Bátiz CENAPRED	Manual del formato de captura de datos para evaluación estructural. Red Nacional de Evaluadores
15	2006	ESPAÑA	Martha Liliana Carreño Tibaduiza	Técnicas innovadoras para la evaluación del riesgo sísmico y su gestión en centros urbanos
16	2013	MÉXICO	CENAPRED	Metodología para la evaluación de la seguridad estructural de edificios
17	-	CHILE	MINVU	Instructivo para la evaluación técnica de daños en viviendas post desastres

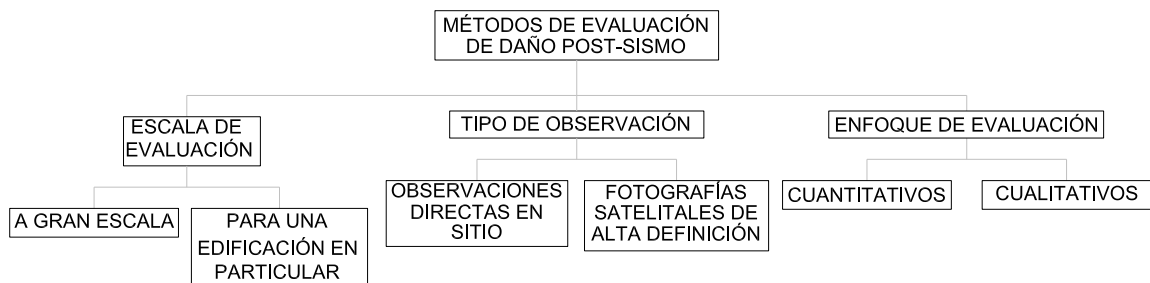


3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS

Como se ha mencionado anteriormente, son diversos los métodos estudiados para la inspección de daño luego de un sismo. A continuación se presenta una clasificación dependiendo de diferentes parámetros:

- Según la escala de evaluación
 - A gran escala
 - Para una edificación en particular
- Según tipo de observación
 - Observaciones directas en el sitio
 - Fotografías satelitales de alta definición
- Según el enfoque de evaluación
 - Cuantitativas
 - Cualitativas

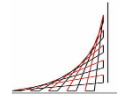
Figura 1 Clasificación de los métodos de inspección de daño post-sismo



Bajo ésta clasificación podemos empezar a ubicar los métodos estudiados. Para lo cual en éste capítulo se presenta de manera resumida en qué consiste cada uno de ellos.

3.1.1. Inspección de daño post-sismo de Edificaciones en Colombia. FOPAE - AIS

En Colombia se cuenta con un documento que permite a personal capacitado realizar una evaluación de daño de una estructura de una manera cuantitativa. El documento fue desarrollado por el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE y la Asociación de Ingeniería Sísmica AIS y su última actualización se realizó en diciembre de 2009.



El documento se llama “GUÍA TÉCNICA PARA INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES DESPUÉS DE UN SISMO” y básicamente se resume en los siguientes capítulos:

- Evaluación general del estado de la edificación.
- Evaluación de daños en elementos arquitectónicos.
- Evaluación de daños en elementos estructurales.
- Evaluación de problemas geotécnicos.
- Evaluación de porcentaje de daños en la edificación.
- Clasificación global del daño y habitabilidad de la edificación.
- Recomendaciones y medidas de seguridad.
- Condiciones preexistentes.

En éste trabajo se explicará lo referente a la evaluación de daño estructural y las condiciones preexistentes.

EVALUACIÓN DE DAÑO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES

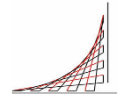
Lo primero que se hace es identificar el sistema estructural de la edificación y según se muestra en la tabla 2, es primordial hacer la inspección correctamente, para lo cual es necesario revisar escaleras, cuartos de máquinas, sótanos, cubiertas, etc., así como remover los acabados arquitectónicos que sean necesarios para localizar los elementos estructurales.

Tabla 2 Elementos estructurales a evaluar dependiendo del sistema estructural

SISTEMA ESTRUCTURAL	ELEMENTOS ESTRUCTURALES
Pórtico en concreto reforzado	Vigas, Columnas, Nudos y Entrepisos
Pórtico con muros estructurales en Concreto Reforzado	Vigas, Columnas, Nudos, Muros y Entrepisos
Estructuras Metálicas	Vigas, Columnas, Conexiones y Entrepisos
Estructuras en Madera	Vigas, Columnas, Conexiones y Entrepisos
Mampostería	Muros portantes (con columnetas y vigas de confinamiento en el caso de ser confinada) y entrepiso
Tapia, adobe y bahareque	Muros portantes y entrepiso

Tomado de Guía Técnica para inspección de edificaciones después de un sismo. FOPAE-AIS. 2009

La tabla muestra los elementos estructurales a inspeccionar dependiendo del sistema. Es importante resaltar que para edificaciones de dos o más pisos se debe hacer la evaluación de daño solamente en el piso de mayor daño.



Para hacer la clasificación del daño se hace uso de porcentajes, los cuales se determinan mediante la relación de área o longitud de elementos afectados respecto al área o longitud total de elementos de este tipo en el piso evaluado.

Para esto la guía se basó en la metodología propuesta por el ATC-13 (Applied Technology Council, 1985) basada en estados de daño que ha sido resultado de relacionar rigidez, resistencia y disipación de energía en curvas de demanda contra capacidad.

Tabla 3 Índices de daño

Caracterización del daño	Rango del daño [%]	Índice de daño	Descripción
1. Ninguno/Muy leve	0	0	Sin daño
2. Leve	0-10	5	Daño menor localizado en algunos elementos que no requiere siempre reparación
3. Moderado	10-30	20	Daño menor localizado en muchos elementos que debe ser reparados
4. Fuerte	30-60	45	Daño extensivo que requiere reparaciones mayores
5. Severo	60-100	80	Daño grave generalizado que puede significar demolición de la estructura
6. Colapso Total	100	100	Destrucción total o colapso

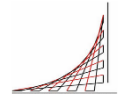
Tomado de Guía Técnica para inspección de edificaciones después de un sismo. FOPAE-AIS. 2009

A continuación se presenta la clasificación de daño que hace la guía dependiendo del sistema estructural:

Evaluación de vigas, columnas y muros en concreto reforzado

Después de un evento sísmico es posible encontrar en los elementos estructurales lo siguiente:

- En columnas:
 - Grietas diagonales en columnas por corte o torsión.
 - Grietas verticales en columnas por corte y torsión.
 - Desprendimiento del recubrimiento de las columnas por corte y torsión.
 - Aplastamiento del concreto por exceso de esfuerzos de flexocompresión.



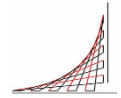
- Pandeo de las barras longitudinales por flexocompresión.
- En vigas:
 - Grietas diagonales y verticales, rotura de estribos por corte o torsión.
 - Rotura del refuerzo longitudinal.
 - Aplastamiento del concreto por flexión por cargas alteradas.
- En los nudos:
 - Grietas diagonales producidas por el corte.
 - Fallas por adherencia y anclaje del refuerzo longitudinal de las vigas.
- En losas:
 - Grietas por punzonamiento alrededor de las columnas.
 - Grietas longitudinales por flexiones excesivas.

Niveles de daño:

Tabla 4 Nivel de daño

NIVEL DE DAÑO	OBSERVACIONES
Ninguno/Muy leve	Algunas fisuras de ancho menor a 0.2 mm, casi imperceptibles sobre la superficie del concreto
Leve	Fisuración perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.00 mm sobre la superficie de concreto
Moderado	Grietas con anchos entre 1.0 mm y 2.0 mm en la superficie del concreto, pérdida incipiente del recubrimiento
Fuerte	Agrietamiento notable del concreto, pérdida del recubrimiento y exposición de las barras de refuerzo
Severo	Degradación y aplastamiento del concreto, agrietamiento del núcleo y pandeo de las barras de refuerzo longitudinal. Deformaciones e inclinaciones excesivas

Tomando de Guía Técnica para inspección de edificaciones después de un sismo. FOPAE-AIS. 2009



Mampostería

Tabla 5 Nivel de daño - Mampostería

NIVEL DE DAÑO	OBSERVACIONES
Ninguno/Muy leve	Grietas pequeñas difícilmente visibles, con ancho menor a 0.2 mm, sobre la superficie del muro
Leve	Agrietamiento perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm, sobre la superficie del muro
Moderado	Agrietamiento diagonal incipiente, grietas con anchos entre 1.0 mm y 3.0 mm, en la superficie del muro. Algunas fisuras en columnetas y vigas de confinamiento
Fuerte	Agrietamiento diagonal severo, con anchos mayores a 3.0 mm y dislocación de piezas de mampostería
Severo	Desprendimiento de partes de piezas, aplastamiento local de la mampostería, prolongación del agrietamiento diagonal de columnetas y vigas de confinamiento, anchos mayores a 1.0 mm. Desplome o inclinación apreciable del muro.

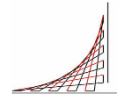
Tomado de Guía Técnica para inspección de edificaciones después de un sismo. FOPAE-AIS. 2009

Muros de tapia, adobe o bahareque

Tabla 6 Nivel de daño-Muros de tapia, adobe o bahareque

NIVEL DE DAÑO	OBSERVACIONES
Ninguno/Muy leve	Fisuras con ancho menor a 0.4 mm, casi imperceptibles sobre la superficie del muro
Leve	Agrietamiento perceptible a simple vista con anchos entre 0.4 mm y 2.0 mm sobre la superficie del muro
Moderado	Agrietamiento diagonal incipiente y pérdida del pañete. Grietas grandes con anchos entre 2.0 mm y 4.0 mm en la superficie del muro
Fuerte	Agrietamiento diagonal severo con anchos de grietas mayores a 4.0 mm, pérdida notable del pañete en la superficie del muro
Severo	Desprendimiento del relleno, aplastamiento local del muro, deformación, desplome o inclinación apreciable del muro

Tomado de Guía Técnica para inspección de edificaciones después de un sismo. FOPAE-AIS. 2009



Vigas, columnas y conexiones en estructuras de acero

Tabla 7 Nivel de daño – estructuras en acero

NIVEL DE DAÑO	OBSERVACIONES
Ninguno/Muy leve	Sin defectos visibles
Leve	Deformaciones menores casi imperceptibles
Moderado	Deformaciones perceptibles a simple vista, pandeo incipiente de secciones
Fuerte	Pandeo local, fractura o alguna evidencia de daño en secciones del elemento estructural fuera de zonas de posible formación en articulaciones plásticas
Severo	Pandeo local, fractura o alguna evidencia de daños en secciones dentro de zonas de posible formación de articulaciones plásticas. Fractura de soldaduras, tornillos o remaches

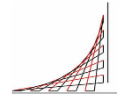
Tomado de Guía Técnica para inspección de edificaciones después de un sismo. FOPAE-AIS. 2009

Vigas columnas y uniones en estructuras de madera

Tabla 8 Nivel de daño – estructuras en madera

NIVEL DE DAÑO	OBSERVACIONES
Ninguno/Muy leve	No se observa agrietamiento en el elemento
Leve	Fisuración mínima en el elemento
Moderado	Agrietamiento en el elemento. Desplazamiento insignificante en las uniones
Fuerte	Agrietamiento notable en el elemento y deslizamiento o desplazamiento claramente perceptible en uniones
Severo	Disminución de la sección transversal en el elemento, o rompimiento del elemento. Separación o desprendimiento del sistema estructural

Tomado de Guía Técnica para inspección de edificaciones después de un sismo. FOPAE-AIS. 2009



Entrepisos

Tabla 9 Nivel de daño - entrepisos

NIVEL DE DAÑO	OBSERVACIONES
Ninguno/Muy leve	Algunas fisuras de ancho menor a 0.2 mm, casi imperceptibles sobre la superficie
Leve	Fisuración perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2mm y 1.0 mm sobre la superficie
Moderado	Grietas con anchos entre 1.0 y 2.0 mm en la superficie, pérdida incipiente del recubrimiento
Fuerte	Agrietamiento apreciable, pérdida del recubrimiento en la superficie
Severo	Degradación y aplastamiento del material, agrietamiento severo

Tomado de Guía Técnica para inspección de edificaciones después de un sismo. FOPAE-AIS. 2009

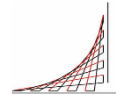
HABITABILIDAD

Luego de clasificar los daños estructurales según los anteriores criterios, se procede a definir los criterios de habitabilidad según el daño estructural, para lo cual la guía presenta la siguiente tabla:

Tabla 10 Definición de Habitabilidad

	HABITABLE [VERDE]	USO RESTRINGIDO [AMARILLO]	NO HABITABLE [NARANJA]	PELIGRO DE COLAPSO [ROJO]
1. Ninguno				
2. Leve	<30%	>30%		
3. Moderado	No hay daños	<30%	30 a 60%	>60%
4. Fuerte	No hay daños	>10%	10 a 30%	>30%
5. Severo	No hay daños	>5%	5 a 15%	>15%
Comentarios	Daños muy leves y muy puntuales o que no evidencia ningún tipo de daño estructural	Los daños estructurales son tan puntuales que no reducen su capacidad global de resistencia ni ponen en peligro la estabilidad	Disminución de la capacidad de resistir cargas verticales u horizontales pero no existe inestabilidad	Disminución significativa de la capacidad para resistir cargas verticales o laterales en tal proporción que existe inestabilidad potencial

Tomado de Guía Técnica para inspección de edificaciones después de un sismo. FOPAE-AIS. 2009



Los colores son los colores de las etiquetas que se pondrán en la edificación una vez termine la evaluación.

Figura 2 Etiquetas de Habitabilidad

<p>HABITABLE</p> <p>OCUPACIÓN PERMITIDA</p> <p>Esta edificación ha sido inspeccionada (como se indica en la parte inferior) y no se encontró ninguna amenaza aparente de la estructura.</p> <p>Inspecciones en el Exterior y en el Interior</p> <p>Favor informar a las autoridades cualquier condición insegura, una nueva inspección puede ser requerida.</p> <p>Comentarios: _____</p> <p>Nombre de la edificación y/o dirección: _____</p> <p>INSPECTORES: _____</p> <p>Fecha (d-m-a): _____</p> <p>Hora (24:00): _____</p> <p>(Cuidado: Las réplicas ocurridas después de la inspección pueden incrementar los daños y los riesgos)</p> <p>No renueve, altere o cubra este aviso hasta que sea autorizado por una autoridad del gobierno distrital</p>	<p>NO HABITABLE</p> <p>NO ESTÁ PERMITIDA LA ENTRADA</p> <p>Esta edificación ha sido inspeccionada, se encontraron daños severos y es insegura por lo tanto no puede ser ocupada, como se describen a continuación:</p> <p>No entre, excepto si tiene una autorización por escrito de las autoridades Distritales. Al entrar pone en peligro su vida.</p> <p>Nombre de la edificación y/o dirección: _____</p> <p>INSPECTORES: _____</p> <p>Fecha (d-m-a): _____</p> <p>Hora (24:00): _____</p> <p>(Cuidado: Las réplicas ocurridas después de la inspección pueden incrementar los daños y los riesgos)</p> <p>No renueve, altere o cubra este aviso hasta que sea autorizado por una autoridad del gobierno distrital</p>
<p>PELIGRO DE COLAPSO</p> <p>NO ESTÁ PERMITIDA LA ENTRADA (NO ES UNA ORDEN DE DEMOLICIÓN)</p> <p>Esta edificación ha sido inspeccionada, se encontraron daños severos en la estructura, es insegura por lo tanto no puede ser ocupada. Descripción o recomendaciones: _____</p> <p>No entre, por ningún motivo. Al entrar pone en peligro su vida.</p> <p>Nombre de la edificación y/o dirección: _____</p> <p>INSPECTORES: _____</p> <p>Fecha (d-m-a): _____</p> <p>Hora (24:00): _____</p> <p>(Cuidado: Las réplicas ocurridas después de la inspección pueden incrementar los daños y los riesgos)</p> <p>No renueve, altere o cubra este aviso hasta que sea autorizado por una autoridad del gobierno distrital</p>	<p>USO RESTRINGIDO</p> <p>Cuidado: Esta edificación ha sido inspeccionada y se encontraron los daños que se describen a continuación:</p> <p>La entrada, ocupación y uso están restringidos como se indican a continuación: _____</p> <p>Nombre de la edificación y/o dirección: _____</p> <p>INSPECTORES: _____</p> <p>Fecha (d-m-a): _____</p> <p>Hora (24:00): _____</p> <p>(Cuidado: Las réplicas ocurridas después de la inspección pueden incrementar los daños y los riesgos)</p> <p>No renueve, altere o cubra este aviso hasta que sea autorizado por una autoridad del gobierno distrital</p>

Tomando de Guía Técnica para inspección de edificaciones después de un sismo. FOPAE-AIS. 2009

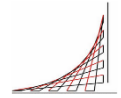
CONDICIONES PREEXISTENTES

La guía lo presenta como un capítulo opcional de realizar. Los aspectos a revisar son los siguientes:

- Calidad de los materiales de construcción
- Irregularidades presentes en la edificación
- Configuración estructural

Inicialmente se habla de la calidad de los materiales de construcción la cual se clasificará como:

- Buena
- Regular
- Mala



Las irregularidades de la estructura se deben clasificar teniendo en cuenta los requerimientos del NSR-10, que nos presenta la siguiente tabla para evaluación de irregularidades:

Irregularidades en planta:

Tabla 11 Clasificación de irregularidades en planta

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
BUENA	La distribución de masas con relación a los dos ejes ortogonales es aproximadamente simétrica en planta, así como muros y otros elementos resistentes. No tiene ninguna condición correspondiente a la clasificación mala.
REGULAR	Entre la clasificación buena y mala
MALA	En planta tiene entrantes y salientes cuya dimensión excede el 30% de la dimensión en planta, medida paralelamente a la dirección que se considera de la entrante o saliente. Aberturas en el diafragma mayores a 30% del área de piso. La relación de aspecto (largo a ancho) de la base es mayor que 3.

Tomando de Guía Técnica para inspección de edificaciones después de un sismo. FOPAE-AIS. 2009

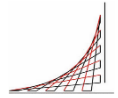
Irregularidades en altura

Tabla 12 Clasificación de irregularidades en altura

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
BUENA	$IE < 2.5$ No tiene ninguna condición correspondiente a la clasificación de mala
REGULAR	Entre la clasificación buena y mala
MALA	$IE > 4$ Existencia de pórticos y muros de cortante que no son continuos hasta la cimentación. Presencia de columnas cortas. Presencia de piso débil. Algún piso tiene un área mayor o menor en un 70% que la del piso inferior (delimitada por los elementos resistentes verticales). Se excluyen de este criterio los voladizos y el último piso de la edificación

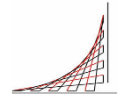
Tomando de Guía Técnica para inspección de edificaciones después de un sismo. FOPAE-AIS. 2009

Es importante dejar claro que éste trabajo solamente se enfoca en el tema estructural aun cuando la guía proporciona todo el procedimiento para la evaluación



de elementos no estructurales, escaleras, arquitectónicos, geotecnia, instalaciones, etc.

En el Anexo 1 se presenta el formato de inspección de daño vigente en Colombia.



3.1.2. Herramienta Computacional para la evaluación de daño Post-Sismo en edificios (Carreño et al., 2006).

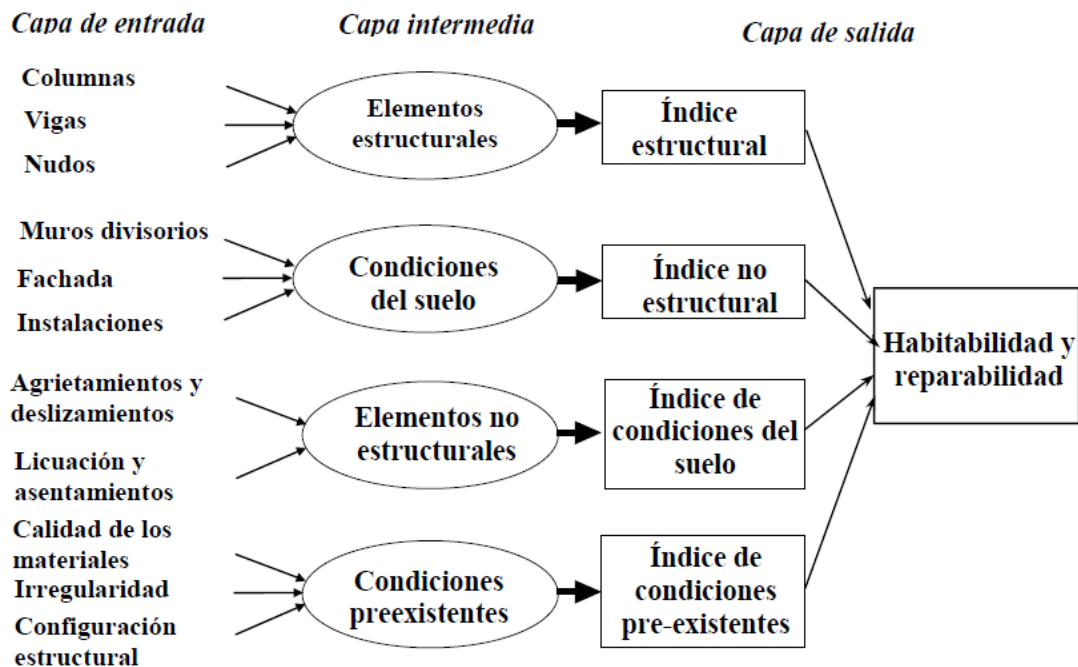
La finalidad de éste método es proporcionar una herramienta que permita disminuir la posibilidad de error que se presenta cuando se hace una evaluación de daño post-sismo por medio de inspecciones visuales apoyados en formatos de inspección como el visto anteriormente con el agravante de que éste proceso lo puede estar haciendo personal inexperto.

Está basado en redes neuronales artificiales (RNA) y conjuntos difusos. Se tienen en cuenta 4 aspectos principales:

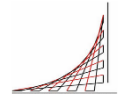
- Elementos estructurales
- Elementos no estructurales
- Condiciones del suelo
- Condiciones preexistentes

Esquema de la RNA

Figura 3 Esquema de Red Neuronal Artificial



Tomando de herramienta computacional para la evaluación Post-sísmica de daños en edificios.2006



Se puede observar que existen unos datos de entrada que son los encargados de alimentar las 4 neuronas que corresponden a los 4 aspectos mencionados anteriormente.

En la primera neurona se tendrá una variación en los elementos estructurales de entrada teniendo en cuenta el sistema estructural de la edificación. Así como se vio en el documento guía del FOPAE.

El daño observado se clasifica en 5 niveles:

- Ninguno (N)
- Leve (L)
- Moderado (M)
- Fuerte (F)
- Severo (S)

El índice obtenido en la capa intermedia es llamado índice por desfuzificación, lo cual significa que los valores de estos índices corresponden al centroide de área de las funciones de pertenencia relacionadas con cada nivel de daño.

La calibración de la red se realizó usando las evaluaciones de daño que se hicieron luego del sismo del Quindío en el año 1999. Para los tipos de edificaciones que no eran comunes en la zona como edificios de muros portantes y construcciones en madera, se usaron también índices propuestos por el ATC-13 (1985), HAZUS-99, índices de Park (1984), Sánchez-Silva y García (2001), entre otros.

En la siguiente figura se presenta el método para la evaluación de la habitabilidad y reparabilidad de un edificio.

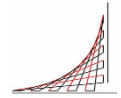
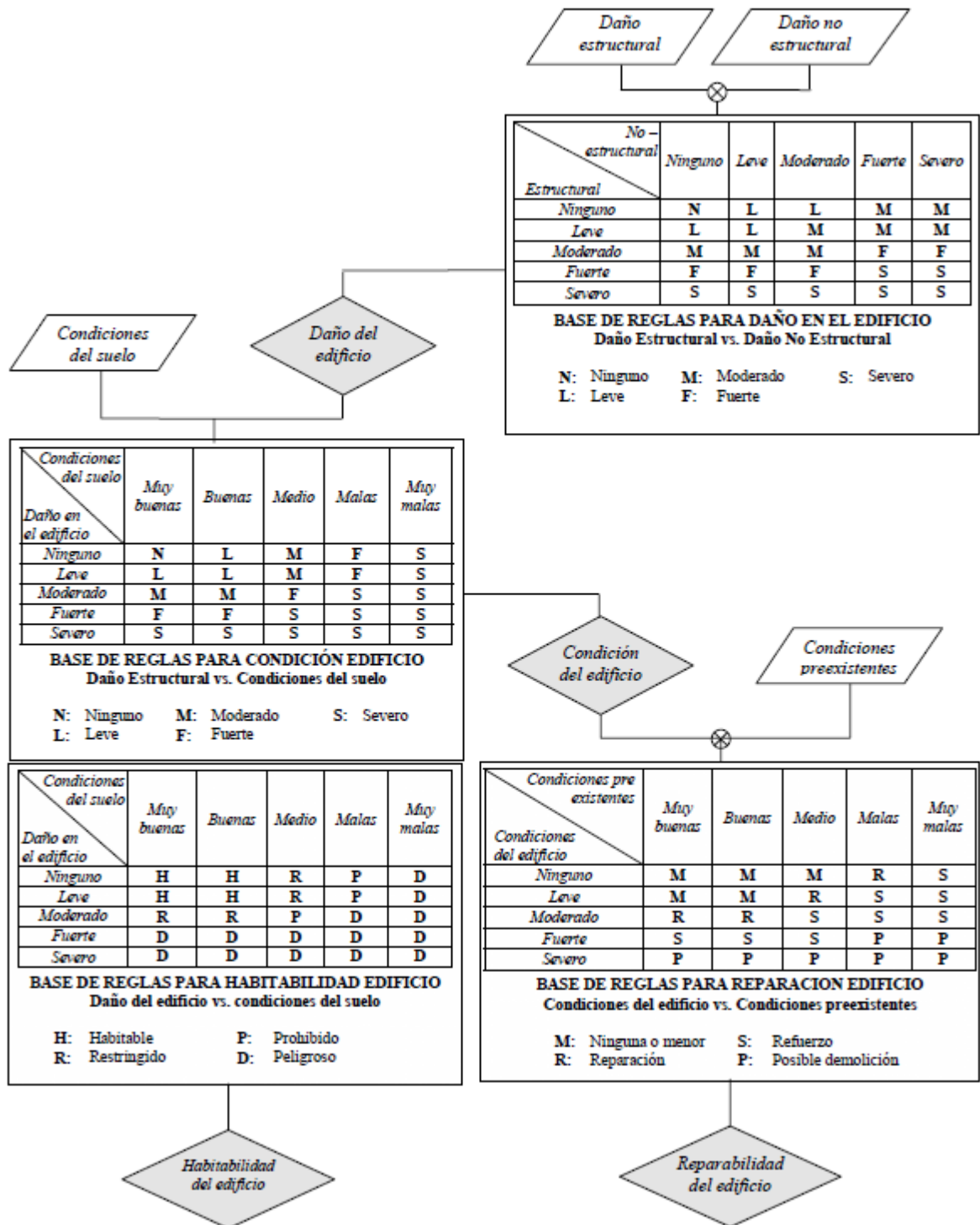
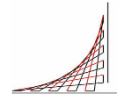


Figura 4 Esquema general del método usando RNA y conjuntos difusos



Tomando de herramienta computacional para la evaluación Post-sísmica de daños en edificios.2006



En la figura se ven claramente los 4 aspectos básicos ya mencionados necesarios para la definición de la habitabilidad de un edificio.

El programa se apoya en registros fotográficos de otros eventos sísmicos en los cuales se pueden revisar aspectos puntuales que permiten al evaluador una clasificación más certera del daño.

La herramienta tiene una interfaz como la que se muestra en la siguiente figura:

Figura 5 Herramienta computacional para AIS



Tomando de herramienta computacional para la evaluación Post-sísmica de daños en edificios.2006

Finalmente, la tabla que se presenta a continuación muestra los índices de daño propuestos por éste estudio, respecto a los presentados por otros autores:

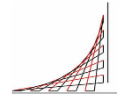


Tabla 13 Comparación entre índices de daño

Nivel de daño	Park, Ang & Wen	Sánchez-Silva y Garcia	Propuestos
Muy leve	< 0.10 0.07	0.10	0.07
Leve	0.10 – 0.25 0.175	0.20	0.17
Moderado	0.25 – 0.40 0.325	0.35	0.33
Severo	0.40 – 0.80 0.6	0.60	0.55
Destrucción	>0.80 0.8	0.90	0.76

Tomando de herramienta computacional para la evaluación Post-sísmica de daños en edificios.2006

3.1.3. Manual del formato de captura de datos para evaluación estructural (Aragón J, et al., 2011)

Para la elaboración de éste formato se contó con una gran recopilación de información previa conformada principalmente de formatos de evaluación post-sismo desarrollados por universidades de México, además también se tuvo en cuenta estudios realizados en otros países como Chile.

Parte indispensable para la aplicación de éste formato es la Red Nacional de Evaluadores RNE, que de manera muy juiciosa selecciona el personal que aplica para éste fin que solamente pueden ser Ingenieros Civiles o Arquitectos que tengan el conocimiento necesario, para lo cual se realizan capacitaciones y evaluaciones que permiten catalogar a los evaluadores en niveles que van del 0 al 3, según el grado de especialización del profesional. Éste nivel de clasificación además está atado a la obligación de participar ante la emergencia y al pago de honorarios por lo mismo.

La RNE tiene dos grandes objetivos: Primero la evaluación estructural de edificios existentes y segundo la evaluación del nivel de seguridad estructural de edificios post-sismo. Para éstos dos casos aplican los niveles de clasificación mencionados anteriormente y se definen claramente las actividades a realizar en cada nivel de evaluación, como se muestra en la siguiente figura:

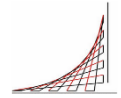
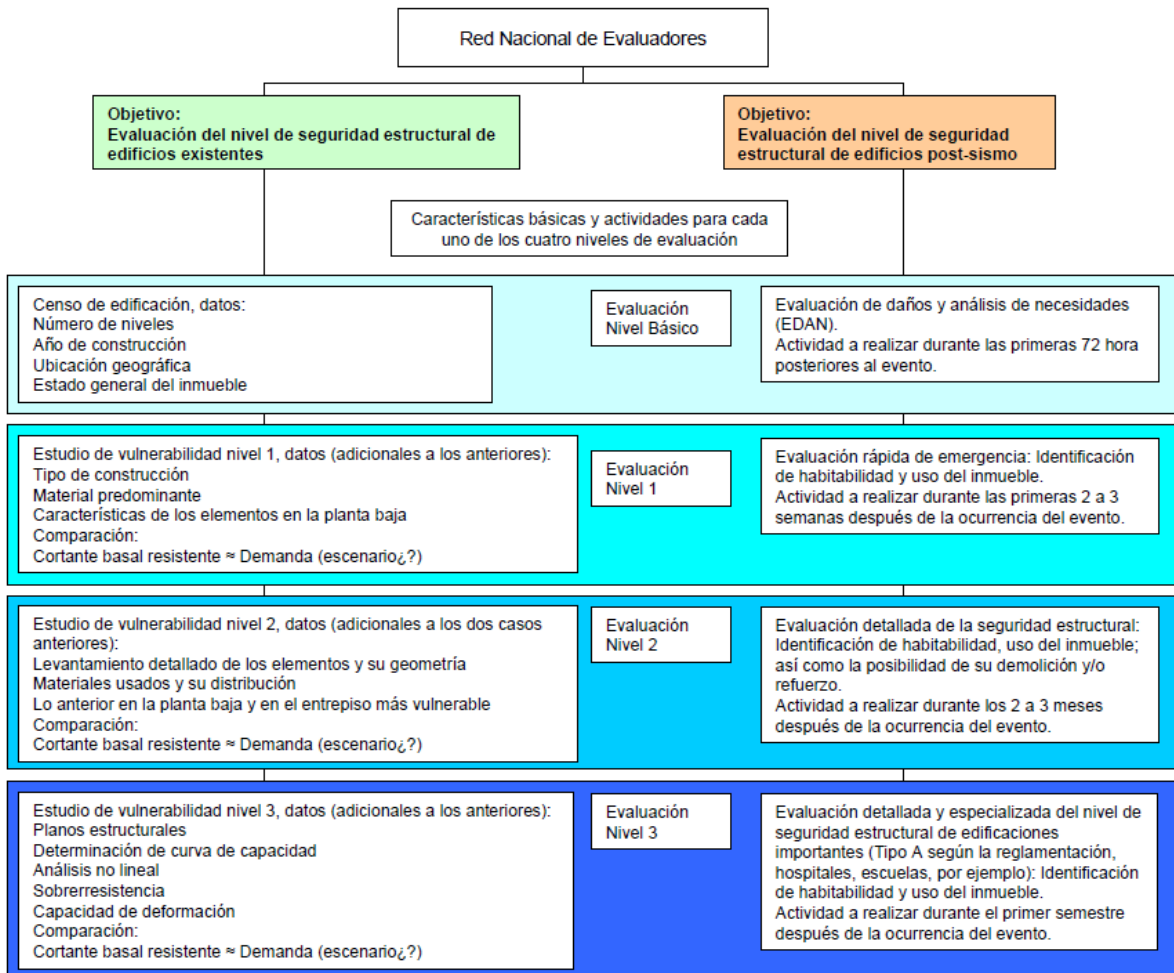


Figura 6 Esquema RNE



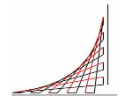
Tomado de Aragón J, et al., 2011

Al tratarse de una red de evaluadores lo que se busca es que el mismo personal que es capacitado se encargue de seguir ésta labor de capacitación instruyendo a otros en el tema bajo la supervisión y apoyo de las entidades competentes, para así llegar a cubrir la mayor parte de su territorio con profesionales dispuestos a colaborar ante la emergencia.

FORMATO DE EVALUACIÓN

A continuación se presenta de manera resumida en que consiste el formato de evaluación y los principales puntos que allí se tienen en cuenta.

- Un primer capítulo se refiere a la información general del inmueble: localización, coordenadas, propietario, tipo de uso, importancia según la



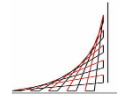
clasificación del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, estado de ocupación.

- Luego se hace la descripción de la estructura: estado del terreno y cimentación, tipo de topografía, nivel freático, tipo de suelo, número de niveles, sótanos,
- Fuentes de vulnerabilidad: geometría del edificio, irregularidades en planta, irregularidades en elevación, pisos débiles, estructuras de péndulo invertido, edificios vecinos críticos.
- Características del sistema estructural: Materiales, definición de secciones, estructura principal vertical, sistema de entrepiso.
- En caso de que exista una rehabilitación: tipo, técnicas empleadas.
- Evaluación de daño: éste capítulo es el de mayor interés para el desarrollo de éste trabajo por lo cual se explica más detalladamente a continuación:

Daños generales del inmueble:

Se considera daño al grado de deterioro del inmueble, para ésta evaluación se consideran los siguientes parámetros a evaluar:

- Problemas geotécnicos:
 - Fisuras o agrietamientos en el terreno aledaño a la construcción.
 - Hundimientos diferenciales
 - Erosión o socavación
 - Deslizamiento de ladera
 - Licuación de arenas
 - Hundimiento o emersión generales
 - Inclinación del edificio
- Daños en la estructura:
 - Colapso total: No hay manera de reparación y no es habitable.
 - Colapso parcial: Daño total localizado en unas áreas de la estructura pero no en toda.
- Daños máximos observables:
 - Se refiere a los daños en elementos estructurales como columnas, vigas, muros, contravientos y conexiones. Es aquí en donde se registra la forma y tamaño de grietas, tipo de refuerzo y espaciamiento en caso de requerirse la observación, geometría y materiales de los elementos inspeccionados.
 - En el formato se consideran los siguientes tipos de daño:



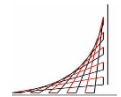
- Grietas inclinadas
- Grietas normales al eje del elemento
- Desprendimiento del concreto y barras expuestas
- Fractura del refuerzo longitudinal
- Fractura del refuerzo transversal
- Pandeo de barras de refuerzo longitudinal a compresión
- Pandeo local de placas
- Pandeo local o inestabilidad
- Falla de soldadura
- Falla de conectores
- Corrosión del acero
- Caída de techos
- Grietas alrededor de columnas
- Grietas de flexión en losas
- Grietas en las esquinas de los tableros

El evaluador deberá inspeccionar todos los pisos del edificio para definir cuál es el más crítico y es con éste con que se saca el porcentaje de elementos dañados, discriminando por tipo de elemento, lo cual se registrará dentro del formato como daño grave o daño medio.

En la siguiente tabla se muestran los parámetros para definir si el daño es grave o medio en estructuras de concreto:

Tabla 14 Comparación entre índices de daño

	DAÑO GRAVE
Columnas, trabes y muros de concreto	- Colapso del elemento - Existencia de grietas a cortante (grietas diagonales respecto al eje longitudinal del elemento con ancho mayor a 2 mm) - Grietas por flexión de mas de 5 mm de ancho - Pandeo global del elemento - Fractura o pandeo del refuerzo longitudinal o transversal en elementos de concreto
	DAÑO MEDIO
	- Grietas por cortante de ancho entre 1 mm y 2 mm - Grietas por flexión de ancho entre 2 mm y 5 mm



3.1.4. Propuesta de evaluación estructural post sismo Chile (Santa María H, et al., 2010)

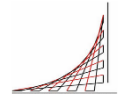
Esta propuesta está basada en estudios y planillas de inspección de Japón, Turquía, Italia, Eslovenia, Estados Unidos y México y fue elaborado luego del sismo en Chile de 2010 con el fin de mejorar el sistema de evaluación de daño en estructuras luego de un evento sísmico.

Al igual que en México y Colombia se plantea tener una red de voluntarios profesionales para realizar evaluaciones rápidas de las estructuras y registrar la información de una manera estandarizada y poder definir la habitabilidad de las edificaciones.

Vale la pena hacer la aclaración que en ésta propuesta solamente se trata el tema de la evaluación a corto plazo, es decir, para el caso de demoliciones posteriores o reforzamientos se encargaran las entidades competentes según lo decreta el gobierno Chileno.

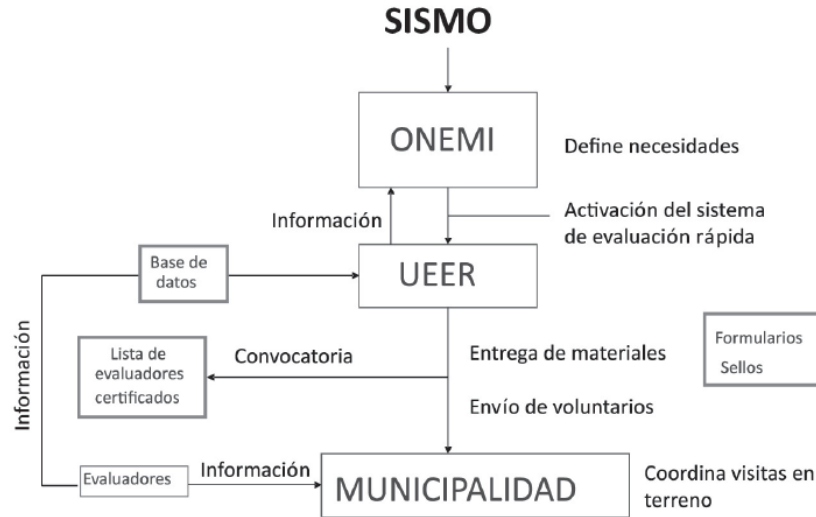
El sistema propuesto está compuesto por:

- Unidad de Evaluación Estructural Rápida (UEER).
- Lista de voluntarios
- Base de datos con la información generada
- Sistema de certificación
- Formulario de evaluación rápida
- Sello de color indicador del resultado de la evaluación



El esquema propuesto para desarrollar la evaluación es el siguiente:

Figura 7 Esquema propuesto Chile



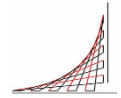
Tomado de Santa María H, et al., 2010

En resumen el sistema consiste en que la UEER sea creada al interior de la ONEMI Oficina Nacional de Emergencias del Ministerio y sea la encargada de mantener el registro y contacto de los voluntarios y sus capacitaciones, así como la actualización de formularios de evaluación.

Así esta esta entidad podrá responsabilizarse de crear la base de datos con la información recolectada en los formularios de evaluación.

También juega un papel importante dentro del esquema la municipalidad, porque serán las encargadas de proveer a los evaluadores de alojamiento y plan de trabajo de los profesionales evaluadores voluntarios.

Lo anterior muestra de una manera muy resumida el planteamiento administrativo y estratégico para llevar a cabo una efectiva evaluación después de un sismo. Por lo cual se complementará el tema en el siguiente capítulo en el cual se muestra algunas de las fichas técnicas de inspección.



3.1.5. Instructivo para la evaluación técnica de daños en viviendas post desastres (MINVU Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile)

Como se mencionó anteriormente aquí se presentan algunos de los formatos de evaluación de daño implementados por el MINVU. Éste ministerio hace parte del esquema planteado por el sistema de protección social el cual está comandado por la ONEMI. Particularmente el ministerio desarrolló el instructivo para la evaluación de daños que se expone a continuación.

Para la recolección de datos se tienen los siguientes informes:

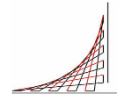
- Informe ALFA: Información general de la emergencia a nivel comunal.
- Informe DELTA: Complementarios al informe Alfa, se registra a nivel provincial.
- Informe EFU: Cuantificación e identificación de los integrantes de las familias
- Informe EDANIS: Evaluación de daños a infraestructura.

El siguiente es un ejemplo de formato de daño para vivienda:

Figura 8 Daño en vivienda

EVALUACIÓN DE DAÑOS DE LA VIVIENDA: Daño Mayor: >=40% / Daño menor: <40% (INDICAR CON "X" LA ALTERNATIVA)						
	ITEM	DAÑO MAYOR	DAÑO MENOR	SIN DAÑO	NO Verificable	OBSERVACIONES
ESTRUCTURA	1 PILARES					
	2 CADENAS					
	3 VIGAS					
	4 MUROS ESTRUCTURALES					
	5 ESTRUCTURA DE ENTREPISO					
	6 TECHUMBRE					
TERMINACIONES	7 VENTANAS					
	8 PUERTAS					
	9 REVESTIMIENTO DE PISOS					
	10 REVESTIMIENTO DE MUROS					
	11 TABIQUES INTERIORES					
	12 CIELO RASO					
INST. DOMICILIARIAS	13 AGUA POTABLE					
	14 ALCANTARILLADO					
	15 ELECTRICIDAD					
	16 GAS					

Tomado de MINVU, Chile



3.1.6. Fichas de lesiones típicas de daño por terremotos en inmuebles Chile (Hurtado E., 2014)

En el caso de Chile el tema de evaluación de daño post-sismo se encuentra amparado por un decreto del año 2002 dentro del Plan Nacional de Protección Civil. El fin de éste plan es establecer todas las necesidades de gestión necesarias para realizar actividades de prevención de riesgos y atención de emergencias bajo las características geográficas específicas del país.

Dentro de éste plan se discriminan claramente las responsabilidades políticas, legales, técnicas, científicas y operativas de las entidades, así como los diferentes comités que se deben crear para el desarrollo de las actividades de evaluación de riesgos.

Con el sismo del 27 de febrero de 2010, los chilenos encontraron un daño significativo en edificaciones que habían sido construidas antes de la norma de diseño sísmico del 1996, también daños significativos en edificaciones indispensables como hospitales, escuelas y oficinas de administración pública lo cual les hizo entender dos cosas: primero que era absolutamente necesario tener un inventario de las edificaciones existentes actualizado y segundo que ante la presencia de un evento sísmico se requiere de una evaluación de daño rápida y efectiva que permita la toma de decisiones correctas de habitabilidad.

El daño es clasificado según la siguiente escala cuantitativa:

- Ninguno
- Leve
- Moderado
- Fuerte
- Severo

Como ejemplo, aquí se presenta el modelo de ficha de evaluación de daño para edificios de concreto; en particular para vigas y columnas:

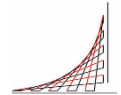


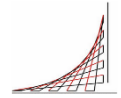
Figura 9 Índices de daño

DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO
Ninguno / Muy leve	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ninguna o fisuras imperceptibles. • Fisuras de flexión paralelas, en caras opuestas del nudo • Fisuración fina o deslaminación del concreto en caras opuestas del nudo. <p>Apariencia típica:</p>
Leve	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras con anchuras entre 0.2 mm y 1 mm. <p>Apariencia típica:</p> <p>Similar a la anterior pero con fisuras más anchas.</p>
Moderado	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras con anchuras entre 1 mm y 2 mm. <p>Apariencia típica:</p> <p>Similar a la anterior pero con fisuras más anchas.</p>
Fuerte	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras con anchuras hasta de 6 mm. <p>Apariencia típica:</p> <p>Similar a la anterior pero con fisuras más anchas.</p>
Severo	<p>Criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisuras con anchuras mayores que 6 mm. • Expulsión de material • Posible pandeo de refuerzo longitudinal. <p>Apariencia típica:</p> <p>Fisuras más anchas, deterioro del concreto y posible apertura o rotura de ganchos de estribos..</p>

Tomado de Hurtado E., 2014

La ficha de la figura 8 se presenta para los siguientes parámetros de inspección:

- Uniones o nudos
 - Daños por corte por falta del refuerzo transversal
 - Falta de refuerzo transversal o baja resistencia de hormigón
- Muros de hormigón armado



- Comportamiento a flexión dúctil
- Comportamiento a flexión con tracción diagonal
- Comportamiento a flexión con aplastamiento
- Comportamiento a flexión con compresión de borde
- Agrietamiento diagonal con falla de corte

Para todos los casos anteriores se presentan los criterios para tener en cuenta en la observación en campo y un gráfico de ejemplo de las grietas o fisuras que permitan clasificar el daño y tipo de falla.

3.1.7. Evaluación de niveles de daño y rendimiento de elementos de concreto reforzado bajo efectos sísmicos (Jiang H. et al., 2011)

Aun cuando éste método se centra en la evaluación de daño de los elementos estructurales puntualmente, presenta una opción muy importante y práctica para la evaluación de daño puesto que define de manera cuantitativa los niveles de daño y adicionalmente permite evaluar el rendimiento de los elementos.

ANTECEDENTES DEL MÉTODO

Aplica la teoría de PBSO (Diseño sísmico baso en rendimiento) y está basado en la aplicación directa del método desarrollado por Park-Ang en 2009. Dentro de sus teorías se tiene en cuenta que la energía disipada por las estructuras durante un terremoto tiene un efecto sobre el nivel de daño.

Para empezar, se cita la teoría de Park-Ang:

$$D_{PA} = \frac{\delta_m}{\delta_u} + \beta_{PA} \frac{\int dE}{F_y \delta_u}$$

En donde:

δ_m : Deformación máxima

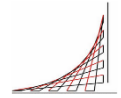
δ_u : Deformación última bajo carga constante

F_y : Esfuerzo de fluencia

dE : Incremento de energía histerética absorbida

β_{PA} : Coeficiente de combinación

El problema que tiene el planteamiento de Park-Ang es que no converge en sus límites superior e inferior, es decir: el índice de daño es mayor a cero cuando la



estructura está cargada en el rango elástico y el índice de daño es mayor a 1 mientras la estructura se carga de manera constante hasta la falla.

Los autores de éste estudio Jiang y Chen proponen la solución a éste problema:

$$D = (1 - \beta) \cdot \frac{\delta_m - \delta_c}{\delta_u - \delta_c} + \beta \cdot \frac{\int dE}{F_y(\delta_u - \delta_y)}$$

En donde:

δ_c : Deformación por fisuración inicia del concreto

δ_y : Deformación por fluencia

β : Coeficiente de combinación diferente a β_{PA}

De ésta manera se está considerando la estructura sin daño antes de la falla del concreto y se elimina el problema de convergencia que tenía la propuesta de Park-Ang.

$$\begin{aligned} \delta_c, \delta_m &\leq \delta_c \\ \delta_m, \delta_m &> \delta_c \end{aligned}$$

La energía de deformación plástica se puede escribir como:

$$E_{hm} = F_y(\delta_u - \delta_y)$$

El modelo de daño modificado se puede escribir así:

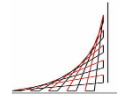
$$D = (1 - \beta) \frac{\mu_m}{\mu_u} + \beta \frac{\int dE}{F_y \delta_y (\mu_u - 1)}$$

En donde:

$$\mu_m = \frac{\delta_m}{\delta_y}$$

$$\mu_u = \frac{\delta_u}{\delta_y}$$

Basados en 115 ensayos de una Columna rectangular cargada hasta la falla por flexión realizados por el PEER (2004) y en 13 ensayos de columnas rectangulares y vigas bajo cargas cíclicas también llevadas hasta la falla hechos por Chen (2009) se realizó la calibración del coeficiente de combinación.



Suponiendo daño igual a 1 en el estado límite último, se tiene:

$$\beta = \frac{f_y(\delta_u - \delta_{u,c})(\delta_u - \delta_y)}{\delta_u \int dE - \delta_{u,c} f_y(\delta_u - \delta_y)}$$

$\delta_{u,c}$: Deformación máxima bajo carga cíclica

δ_y : Determinado por el esfuerzo del refuerzo longitudinal

La rotación se encuentra con la siguiente ecuación:

$$\theta_u = \alpha_{st}(1 - 0.38a_{cyc}) \left(1 + \frac{a_{sl}}{1.7}\right) \cdot 0.3^{n_0} \cdot \left(\frac{\max(0.01, \omega')}{\max(0.01, \omega)} \cdot f'_c\right)^{0.2} \left(\frac{L}{h}\right)^{0.425} 25^{\alpha \rho_{sx} \frac{f_{yw}}{f'_c}}$$

En donde:

α_{st} : Coeficiente para el tipo de acero, 0.016 para acero laminado en caliente, 0.0105 para acero laminado en frío.

a_{cyc} : Variable, para carga constante=0, para carga cíclica=1.

α_{sl} : Variable, sin deslizamiento = 0, con deslizamiento de barras longitudinales = 1.

ω y ω' : relaciones mecánicas de tensión y compresión del refuerzo longitudinal respectivamente.

$$\rho_{sx} = \frac{A_{sh}}{b s_h}$$

s_h : separación de los estribos

b : ancho de la sección

f_{yw} : tensión de fluencia del acero transversal

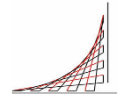
α : factor de eficacia de confinamiento

f'_c : Resistencia a compresión del concreto

Resolviendo la ecuación para el coeficiente de combinación se obtiene $\beta=0.17$ con una desviación estándar de 0.15. El coeficiente de variación es de 88%.

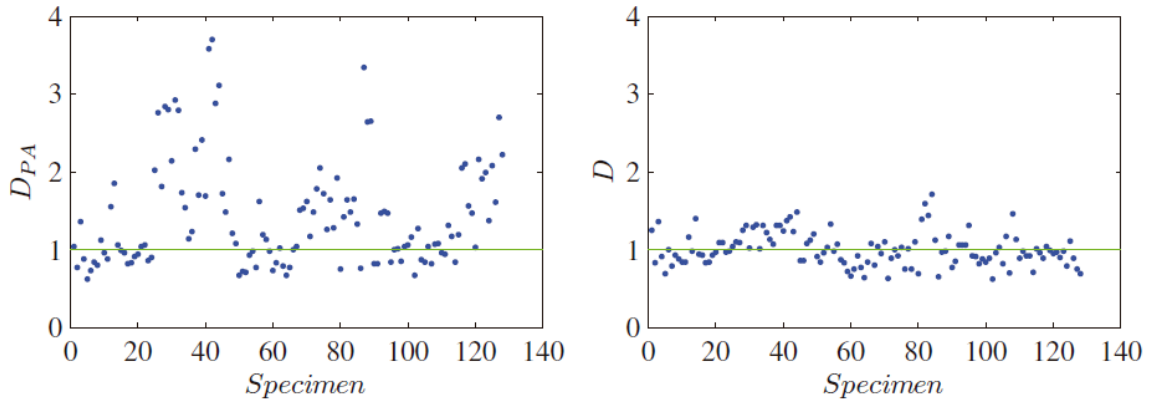
Luego se realiza un análisis de regresión multi-variable no lineal para los valores de β .

$$\beta = \left(0.023 \frac{L}{h} + 3.352 n_0^{2.35}\right) 0.818^{\alpha \rho_{sx} \frac{f_{yw}}{f'_c}} + 0.039$$



A continuación se presenta una comparación entre el método original de Park-Ang y el modificado para el estado límite de daño:

Figura 10 Comparación método Park-Ang y método modificado

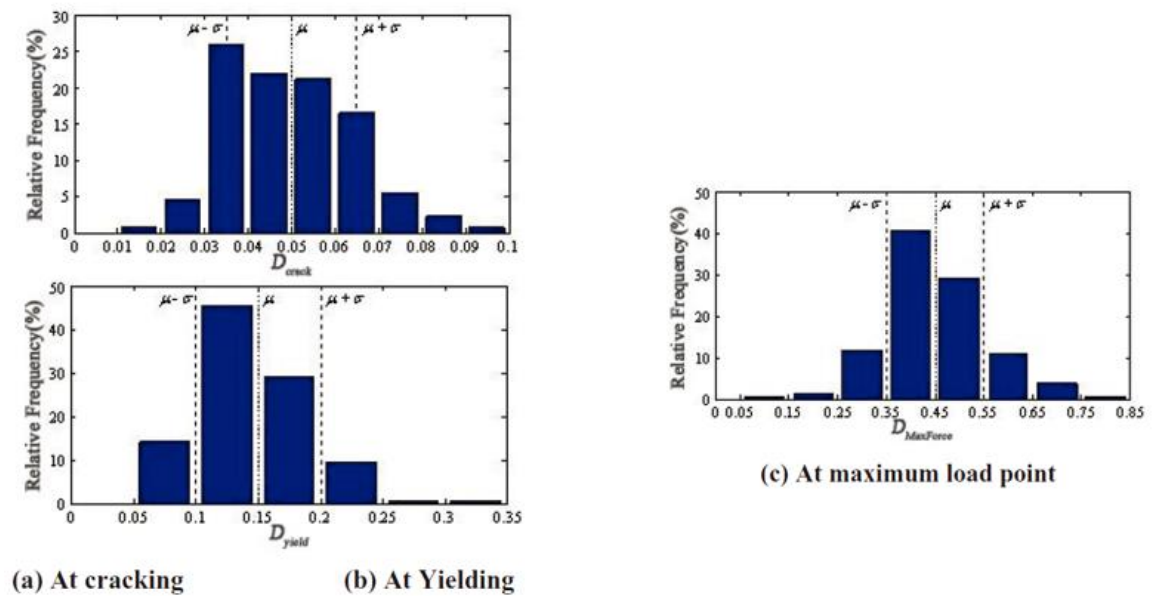


Tomado de Jiang, J et al., 2011

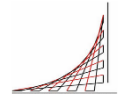
Se puede observar como disminuye la dispersión en el método modificado.

Con el modelo modificado es posible calcular los índices de daño que corresponden a los principales estados de daño, en la siguiente gráfica se muestran los índices de daño evaluados para 3 puntos importantes en la curva de carga – deformación:

Figura 11 Índices de daño



Tomado de Jiang, J et al., 2011



3.1.8. Evaluación de daño post-sismo. Índice de daño global basado en probabilidad. (Jeréz S. 2012)

Éste método está enfocado en encontrar un índice de daño global, basado en las observaciones de daño locales, para lo cual se tiene en cuenta tanto elementos estructurales y como no estructurales.

La metodología propuesta tiene 3 etapas:

- Estimación de la probabilidad de falla residual de cada componente estructural y no estructural.

$$P_f = f(D_c)$$

Lo que hace es transformar categorías de daño en probabilidades de falla, convirtiéndolo en un valor cuantitativo. En donde:

D_c : Categorías de daño

P_f : Probabilidad de falla

- Estimación de la probabilidad de falla P_f .
- Determinación del índice de daño global.

Los resultados de éste estudio se compararon con datos experimentales tomados en campo en el terremoto de 2003 en Argelia.

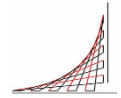
Para la evaluación de la probabilidad global de falla el estudio adoptó una metodología conservadora, usando un modelo en serie de vigas y columnas en el cual se asume que la falla se produce cuando cualquiera de estos elementos falla, sin discriminar la importancia que podrían tener los elementos verticales en la estructura.

La siguiente ecuación es la propuesta para la falla de una planta:

$$E_k = E_b \cup E_c$$

$$\overline{E_k} = \overline{E_b} \cup \overline{E_c}$$

El subíndice c se refiere a columnas y el subíndice b se refiere a vigas.



La relación entre las probabilidades de ocurrencia de estos eventos se puede expresar con la siguiente ecuación:

$$P(\overline{E_c}) = P(\overline{E_{c,1}}) \times P(\overline{E_{c,2}}) \times \dots \times P(\overline{E_{c,N_c}})$$

Los subíndices 1, 2, ..., N indican el número de columnas.

La probabilidad de falla de las columnas se puede asumir como P_c y considerando:

$$P(E_c) + P(\overline{E_c}) = 1$$

Se tiene la relación para la probabilidad de falla de columnas y vigas:

$$(1 - P_c) = \prod_{i=1}^{N_c} (1 - P_{c,i})$$

Teniendo en cuenta la independencia de los acontecimientos:

$$(1 - P_k) = (1 - P_b) \times (1 - P_c)$$

La probabilidad de falla de un piso puede escribirse como:

$$P_k = 1 - \left\{ \prod_{i=1}^{N_b} (1 - P_{b,i}) \right\} \times \left\{ \prod_{j=1}^{N_c} (1 - P_{c,j}) \right\}$$

Y la probabilidad de falla de todo el sistema se escribe como:

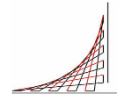
$$P_G = 1 - \prod_{k=1}^{NS} (1 - P_k)$$

Se establece además la relación entre la el daño y la probabilidad de falla, basada en la degradación que causa el daño.

$$(1 - P_n) = (1 - D_n)^{\alpha_n} \rightarrow P_n = 1 - (1 - D_n)^{\alpha_n}$$

D_n indica el índice de daño.

Con lo anterior se puede definir el índice de daño de una planta, k:



$$D_k = 1 - \left\{ \prod_{i=1}^{Nb} (1 - D_{b,i})^{\alpha_{b,i}} \right\} \times \left\{ \prod_{j=1}^{Nc} (1 - D_{c,j})^{\alpha_{c,j}} \right\}$$

Para posteriormente escribir el índice de daño global, así:

$$D_G = 1 - \prod_{k=1}^{NS} (1 - D_k)^{\beta_k}$$

Para realizar la evaluación del comportamiento sísmico es importante definir claramente la relación que hay entre la rigidez lateral de las plantas y la rigidez relativa de los componentes, así como entre la rigidez de un piso y la de toda la edificación. Esta importancia está representada en los índices α_b , α_c y β , relativos a vigas, columnas y el piso completo respectivamente.

Para esto se establece lo siguiente:

- Máxima rigidez lateral (Chopra, 2007)

$$K_{L,k}^{\max} = \frac{12E}{L_c^3} \left(\sum_{j=1}^{Nc} I_{c,j} \right)$$

- Mínimo valor de rigidez lateral:

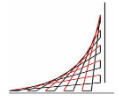
$$K_{L,k}^{\min} = \frac{3E}{L_c^3} \left(\sum_{j=1}^{Nc} I_{c,j} \right)$$

Estableciendo una relación entre la rigidez lateral y la rigidez lateral máxima, se establece la influencia de la rigidez de las columnas en el sistema:

$$\alpha_c = \frac{K_L}{K_{L,k}^{\max}}$$

Así mismo, para las vigas:

$$\alpha_b = 1 - \alpha_c$$

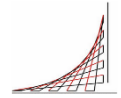


Finalmente, se evalúa un índice que representa la importancia del piso evaluado en el edificio completo. Este índice depende de la carga muerta total que cada piso debe soportar.

$$\beta_k = \frac{W_k}{\sum_{k=1}^{NS} W_k}, \quad \sum \beta_k = 1$$

En donde:

W_k : carga gravitacional por piso



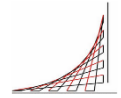
3.2. COMPARACIÓN

Como se pudo ver, existen muchos estudios y métodos desarrollados por diferentes autores para la evaluación de daño post-sismo en edificaciones, los cuales permiten realizar una comparación entre ellos y visualizar de manera más clara el estado en el que se encuentran y la dirección que pueden tener.

A continuación se presenta un cuadro comparativo entre métodos cuantitativos:

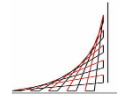
Tabla 15 Comparación entre métodos cuantitativos

PAIS	COLOMBIA	MEXICO	CHILE
CONDICIONES PREEXISTENTES	Capítulo opcional. A Evaluar: • Calidad de materiales de construcción (Buena, regular, mala) • Irregularidades presentes en la edificación • Configuración estructural (Irregularidades, sistema estructural)	La RNE evalúa edificaciones existentes antes del sismo: • Censo de edificaciones • Estudio de vulnerabilidad Nivel 1: análisis estructural de la edificación existente para comparar cortante basal vs demanda • Estudio de vulnerabilidad Nivel 2: Levantamiento detallado incluyendo materiales en primer piso y piso mas vulnerable para comparar Cortante basal vs demanda • Estudio de vulnerabilidad Nivel 3: Planos estructurales, curva de capacidad, análisis no lineal, sobrerresistencia, capacidad de deformación para comparar cortante basal vs demanda.	El Plan Nacional de Protección Civil: • Evaluación de edificaciones construidas antes de la norma de diseño sísmico de 1996 • Inspección y tratamiento especial a edificaciones correspondientes a hospitales, escuelas y oficinas de administración.
CAPITULOS DE EVALUACIÓN	• Estado de la edificación. • Daños en elementos arquitectónicos. • Daños en elementos estructurales. • Problemas geotécnicos. • Porcentaje de daños en la edificación. • Clasificación global del daño y habitabilidad de la edificación. • Recomendaciones y medidas de seguridad. • Condiciones preexistentes.	• Daños y análisis de necesidades (EDAN) • Evaluación rápida de emergencia • Evaluación detallada de seguridad estructural: Habitabilidad, uso del inmueble, demolición o refuerzo. • Evaluación detallada y especializada de seguridad estructural en edificaciones como de alta importancia como hospitales y escuelas.	Evaluación de: • Pilares • Vigas, muros estructurales, entrepisos, columnas. • Nudos • Comportamiento a flexión y corte • Comportamiento a aplastamiento • Falta de refuerzo en elementos estructurales
ÍNDICES DE DAÑO	• Ninguno • Leve • Moderado • Fuerte • Severo • Colapso total	• Sin daño • Daño Medio • Daño Grave o severo	• Ninguno • Leve • Moderado • Fuerte • Severo • Colapso total
HABITABILIDAD	• Habitable • Uso restringido • No habitable • Peligro de colapso	• Habitable • Segura con restricciones • Insegura	• Inspeccionado • Ingreso limitado • Inseguro



De la tabla 15 es importante rescatar lo siguiente:

- Cada uno de los países analizados en éste documento se ha preocupado por desarrollar sistemas que permitan mitigar en algo el caos que se presenta luego de un evento sísmico.
- En Chile y México se sigue de una manera muy rigurosa la evaluación preexistente de sus edificaciones, de tal manera que se hacen censos y estudios de vulnerabilidad a estructuras diseñadas fuera de sus códigos de diseño vigentes. Mientras que para el caso de Colombia, las condiciones preexistentes están referidas en primer lugar a la consulta de información para realizar el estudio cuando el evento sísmico ya ha sucedido, dejando los estudios de vulnerabilidad principalmente para edificaciones especiales como Hospitales, escuelas, etc.
- Por lo general los capítulos de evaluación estructural en las edificaciones en los tres países son los mismos, dando especial importancia a los elementos principales, como son: vigas, muros, columnas que hacen parte del sistema principal de resistencia al sismo. También se evalúan los elementos no estructurales y demás elementos que hacen parte de la estructura como: placas, viguetas, etc.
- Los índices de daño son cuantitativos y cubren un rango de gravedad del daño que posteriormente servirá para definir la habitabilidad.
- Es importante resaltar el trabajo que hace la RNE y el Plan Nacional para la protección Civil de México y Chile respectivamente en cuanto a la capacitación de sus evaluadores y la logística que se tiene preparada para el momento en que tengan que desempeñar sus funciones de evaluadores. Las personas que clasifican como evaluadores tienen un perfil profesional muy bien definido y se realizan capacitaciones periódicas y actualizaciones, además se ha generado responsabilidad a nivel municipal para que el tema de logística en cuanto a implementos y herramientas de inspección sea más sencillo.
- Finalmente para la definición de la habitabilidad el concepto es el mismo siempre y lo que se busca es dar el calificativo adecuado a una edificación para que pueda continuar funcionando o en el peor de los casos ordenar su inhabitabilidad y evitar pérdidas humanas.



4. APLICACIONES

Los métodos que se han expuesto anteriormente han sido aplicados para la evaluación de daño de edificaciones específicas bajo la acción de sismos ocurridos en diferentes partes del mundo.

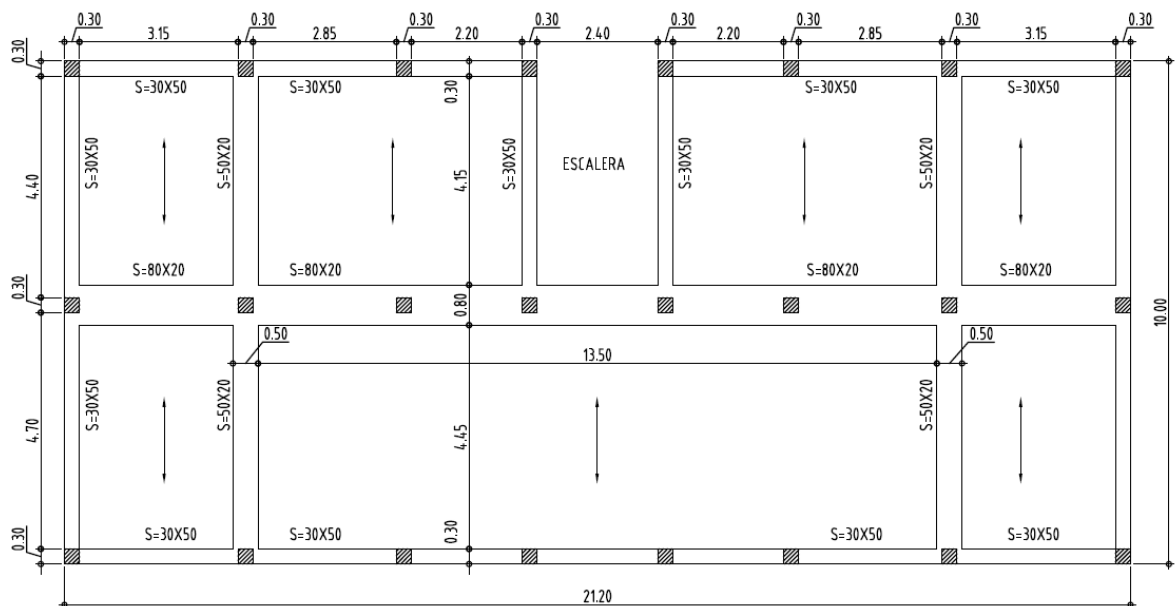
A continuación se presentan varias de éstas aplicaciones:

- **Evaluación de daño a edificaciones en la ciudad de Bonefro, Italia después de los terremotos del 31 de octubre y 1ro de noviembre de 2002 en Molise (Antonio Di Cesare et al., 2014)**

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

La construcción analizada fue construida entre 1982 y 1983, consta de 2 edificaciones de 3 y 4 plantas y el sistema estructural está conformado por pórticos en concreto reforzado diseñado con un sismo medio según el código italiano. Las edificaciones constan de 4 pórticos orientados en sentido Y y 3 pórticos orientados en sentido X. La sección de las columnas es de 0.35x0.35 de cimentación a piso 2 y de 0.30x0.30 de Piso 2 a cubierta. Las vigas tienen sección de 0.30x0.50 y de 0.80x0.20. Ver figura 10. La cimentación es conformada por cimientos aislados de 0.75x0.75x0.60.

Figura 12 Planta edificio Bonefro



Tomado de Di Cesare et al., 2014

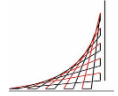
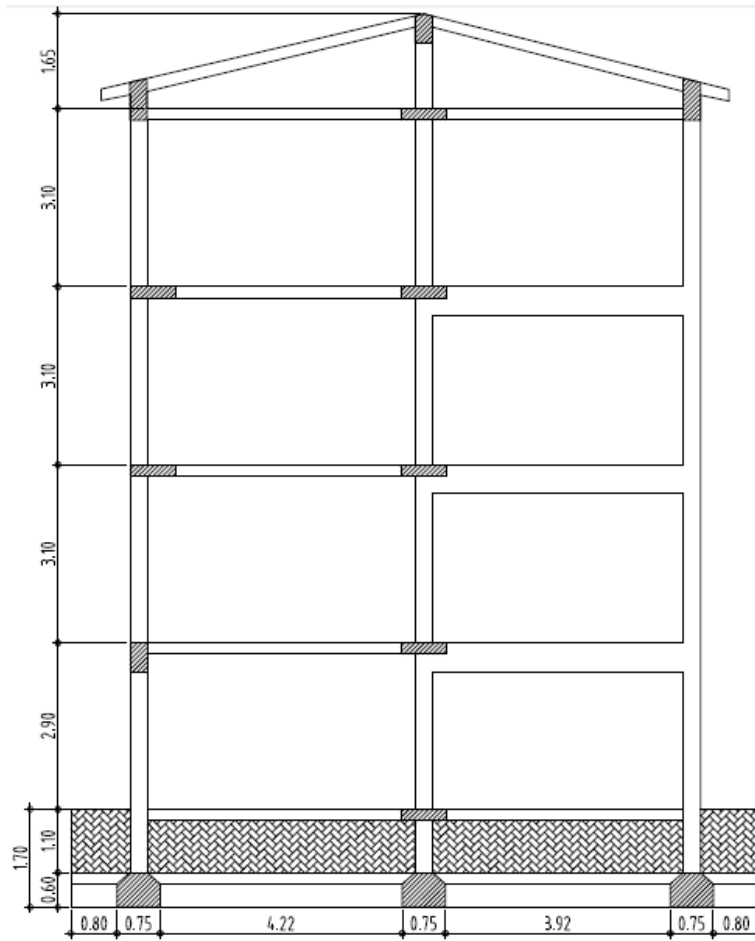


Figura 13 Corte edificio Bonafro

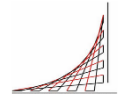


Di Cesare et al., 2014

El primer piso tiene una altura de 2.90 m y del segundo piso a la cubierta una altura de 3.10 m. La losa de entepiso tiene un espesor de 0.20 m y la mampostería no estructural es ladrillo perforado de 2 capas, como lo muestra el corte de la figura 10.

DESCRIPCIÓN DEL EVENTO SÍSMICO

Como se mencionó en capítulos anteriores, éste estudio tiene la particularidad de permitir el análisis para dos eventos seguidos. Con la ventaja que se pudieron instalar aparatos de medición luego del primer terremoto y así aumentar la cantidad de datos para el análisis.



El primer sismo ocurrió el 31 de octubre de 2002 en la ciudad de Melise, Italia; catalogado con una intensidad de 5.4 en la escala de Mercalli. El evento del 01 de Noviembre presentó una intensidad de 5.3 en la misma escala.

RECOPILACIÓN Y TOMA DE DATOS

Se parte de la información conocida, para esto se recopilaron los planos de diseño con el cual fueron construidas las edificaciones.

Una vez identificada la anterior información se busca evaluar los siguientes datos importantes:

- Propiedades mecánicas de los materiales
- Datos tomados del edificio luego del segundo evento sísmico
- Resultados de pruebas realizadas a materiales en sitio
- Datos de variación de frecuencia modal
- Resultados de pruebas de ultrasonido
- Resultados de resistencias de núcleos de concreto

Una vez realizado todo el muestreo, ensayo y análisis de resultados se encontró que el concreto tenía una resistencia promedio de $f'c=14.02$ MPa.

Se aplica un factor de corrección para evaluar la resistencia del núcleo respecto a la fuerza real in-situ.

$$f'c = (C_{H/D}C_{dia}C_aC_d)$$

En donde:

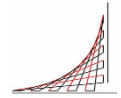
C_{HD} : Factor de corrección altura/diámetro

C_{dia} : Factor de corrección diámetro

C_a : Factor de corrección barras de refuerzo

C_d : Factor de corrección daños por perforación en la toma

Una vez aplicados los factores de corrección se encontró un valor de resistencia media corregida de $f'_{cm}=16.70$ MPa. Con una desviación estándar de 3.07 N/mm².



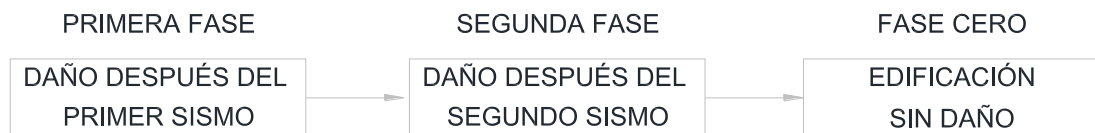
$$E_{cm} = 9.5^3 \sqrt{16.73} = 24300 \text{ N/mm}^2$$

La referencia del acero es FeB44K, referencia de acero italiano.

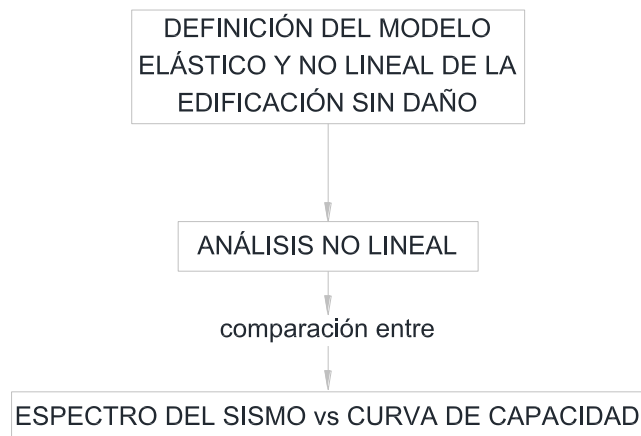
PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

La evaluación de daño se desarrolló en tres fases como se muestra en la figura 11.

Figura 14 Índices de daño



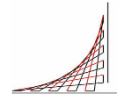
Procesadas estas tres fases se realiza un análisis no lineal:



Para la calibración de la primera fase se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Información de planos de diseño
- Descripción de daños
- Análisis de frecuencia antes del segundo sismo

Se realizó un análisis de sensibilidad a las propiedades de los materiales para identificar cuales estaban afectando efectivamente a la rigidez de la estructura.



En la segunda fase se hace un segundo análisis de sensibilidad, considerando los daños en el segundo sismo.

En la última fase; fase cero, básicamente se define el modelo del edificio en buen estado.

Daños observados in situ:

Al parecer durante el primer evento no se presentaron daños significativos en la edificación, pero durante el segundo sismo se observó lo siguiente:

- En las columnas de primer piso se observó daño importante en el nudo de la primera placa aérea.
- Estribos excesivamente separados en la zona de confinamiento de las columnas, con el agravante de que los ganchos de amarre de éstos estribos se hicieron a 90°.
- Elementos no estructurales con daños que muestran una distribución que no es uniforme. En general se dañaron considerablemente los paneles centrales a nivel de primer piso.

Figura 15 Fotografías de daño en el edificio. Bonetro



Tomado de Identification of the structural model and analysis of the global seismic Behaviour of a RC damaged building

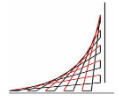
Consideraciones importantes en la elaboración de los modelos:

Para las fases 1 y 2 las vigas y columnas se llevaron a una condición agrietada, asumiendo los rangos mostrados en la tabla 14.

Tabla 16 Inercias para condiciones agrietadas

FASE 1		FASE 2	
Parámetro	Rango	Parámetro	Rango
E_{1cls}	$1/1.2 E_2$		
I_{b1}	$0.35/0.5 I_{bg}$	I_{b2}	$0.35/0.5 I_{bg}$
I_{c1}	$0.7/1.0 I_{cg}$	I_{c2}	$0.5/0.8 I_{cg}$

Tomado de Antonio Di Cesare et al., 2014



Los subíndices bg y cg se refiere a las condiciones no agrietadas de vigas y columnas respectivamente.

El acero de refuerzo para fases 1 y 2 se asumió bajo un comportamiento no lineal y se modelo suponiendo lo siguiente:

- Resistencia última a la compresión: $f_w=1.20 \text{ N/mm}^2$
- Fuerza máxima:

$$F_{up} = A_{eq} \cdot f_w$$

- Desplazamiento plástico:

$$U = F_{up}/K_{eq}$$

K_{eq} es definida por la ecuación de Mainstone (1974).

- Fuerza residual de 10% de F_{up} para desplazamiento mayor a 10U
- El máximo desplazamiento se supone igual a 50U

La función objetivo para llevar a cabo la optimización se definió como:

$$F(E, I_b, I_c) = k_1(T_{1S} - T_{1M})^2 + k_2(T_{2S} - T_{2M})^2 + k_3(T_{3S} - T_{3M})^2$$

En donde:

T_{iS} : Período experimental del modo de vibración i

T_{iM} : Período teórico del modo de vibración i

K_i : Pesos asociados a cada periodo, basados en las frecuencias evaluadas experimentalmente.

A continuación se presenta el cuadro resumen de los valores experimentales y teóricos de las frecuencias modales:

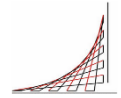


Tabla 17 Frecuencias modales

Experimental [Hz]	Teórico [Hz]		Masa modal		
			Ux (E-W) [%]	Uy (N-S) [%]	Rz [%]
Fase 1	Modo 1	2.00	1.96	82	5
	Modo 2	2.50	2.50	1	6
	Modo 3	3.00	2.70	5	79
Fase 2	Modo 1	1.75	1.75	75	14
	Modo 2	2.00	2.08	5	28
	Modo 3	2.50	2.13	9	54
Fase 0	Modo 1	-	2.39	72	9
	Modo 2	-	2.86	0	0
	Modo 3	-	3.12	9	78

Tomado de Antonio Di Cesare et al., 2014

Fase 0:

- Se consideró condición agrietada debido a cargas verticales en las vigas.
- El las columnas en cambio se considera se condición de funcionamiento plena.
- Se incluyeron los paneles de relleno de los muros no estructurales.

$$I_{b0} = 70\%I_{bg}, I_{c0} = I_{cg}$$

- El módulo de elasticidad obtenido y usado en ésta fase es:

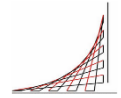
$$E_0 = 33000 \text{ N/mm}^2$$

Fase 2:

- Evaluación de las frecuencias naturales del edificio, basados en las vibraciones medidas antes del segundo evento.
- Las vigas y columnas se llevaron a una condición agrietada según los parámetros que se muestran en la tabla 14.

$$I_{b2} = 42\%I_{bg}, I_{c2} = 70\%I_{cg}$$

- Se modela la interacción que tienen los paneles de mampostería con las columnas en concreto (comportamiento no lineal).



Fase 3:

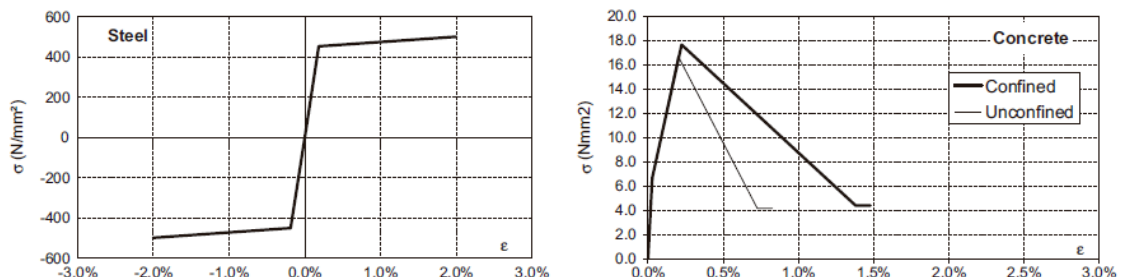
- Se incluyó la contribución de rigidez de la mampostería, excluyendo los paneles centrales más dañados.
- Se implementaron rótulas en los nudos superiores de las columnas del primer piso.
- Se realizó un segundo análisis de sensibilidad asumiendo solamente las inercias de vigas y columnas bajo la condición agrietada I_{b2} , I_{c2} .

$$E_{1cls} = 28000 \text{ N/mm}^2, I_{b1} = 50\%I_{bg}, I_{c1} = 80\%I_{cg}$$

- Se introdujeron articulaciones plásticas en el extremo superior de las columnas, además se supuso que en la zona de confinamiento no existía la presencia de estribos.
- En los pisos superiores se supuso una armadura transversal inferior a la que debería tener, basándose en la información de diseño inicial.

Para la definición de las articulaciones plásticas se hicieron ensayos experimentales en laboratorio para el primer piso del edificio como se muestra en la siguiente figura.

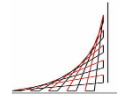
Figura 16 Curvas de esfuerzo-deformación experimentales para concreto y acero



Tomado de Antonio Di Cesare et al., 2014

Es importante dejar claro que se definieron rótulas de flexión en todas las vigas y columnas, mientras que las rótulas de corte solo se implementaron en las columnas. También se aplicaron cargas muertas y cargas vivas, así como fuerzas sísmicas laterales asumiendo 5% de excentricidad y aplicadas en el centro de masa de cada piso.

De manera más detallada se explica a continuación la manera como se analizaron las fuerzas sísmicas: sin lugar a duda se usó el acelerograma tomado con el sismo del 01 de noviembre y también se usaron cuatro registros más de terremotos históricos los cuales fueron escogidos por su similitud con el ocurrido el 01 de



noviembre en cuanto a la distancia al epicentro, mecanismo y magnitud. En la tabla 16 se muestran los registros incluidos en éste análisis.

Tabla 18 Frecuencias modales

LOCALIZACIÓN DEL EPICENTRO	FECHA	MAGNITUD	ESTACIÓN DE GRABACIÓN
Big Bear Lake	22/02/2003	5.4	Big Bear-Civic Centre Grounds
Big Bear Lake	22/02/2003	5.4	Big Bear Lake-Fire Station
Anza	25/02/1980	5.5	Terwilliger Valley
Anza	25/02/1980	5.5	Pinyon Flat

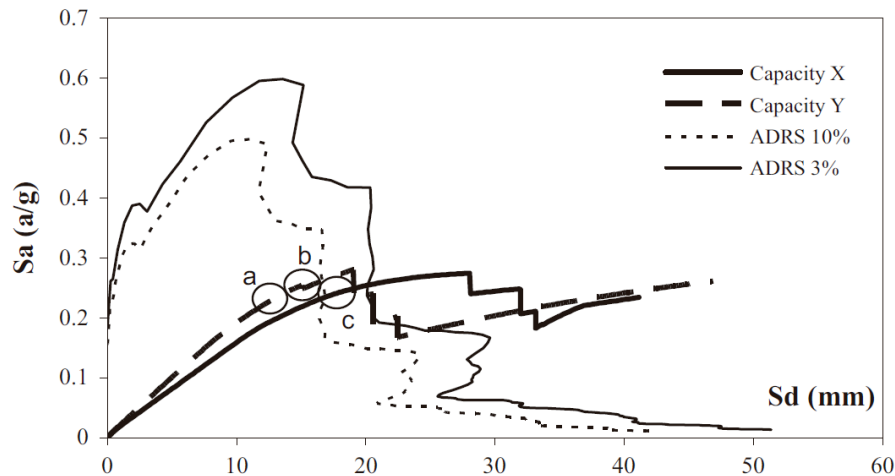
Tomado de Antonio Di Cesare et al., 2014

Con estos cinco acelerogramas se obtuvo el espectro de respuesta a implementar en la edificación asumiendo un 5% de amortiguamiento. Es importante destacar que no se consideró en el análisis la interacción suelo-estructura bajo el supuesto que no es una condición crítica.

RESULTADOS

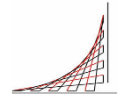
En la siguiente gráfica se muestran las curvas de capacidad luego de realizar análisis push-over y su comparación con las curvas de demanda.

Figura 17 Curvas de esfuerzo-deformación experimentales para concreto y acero



Tomado de Antonio Di Cesare et al., 2014

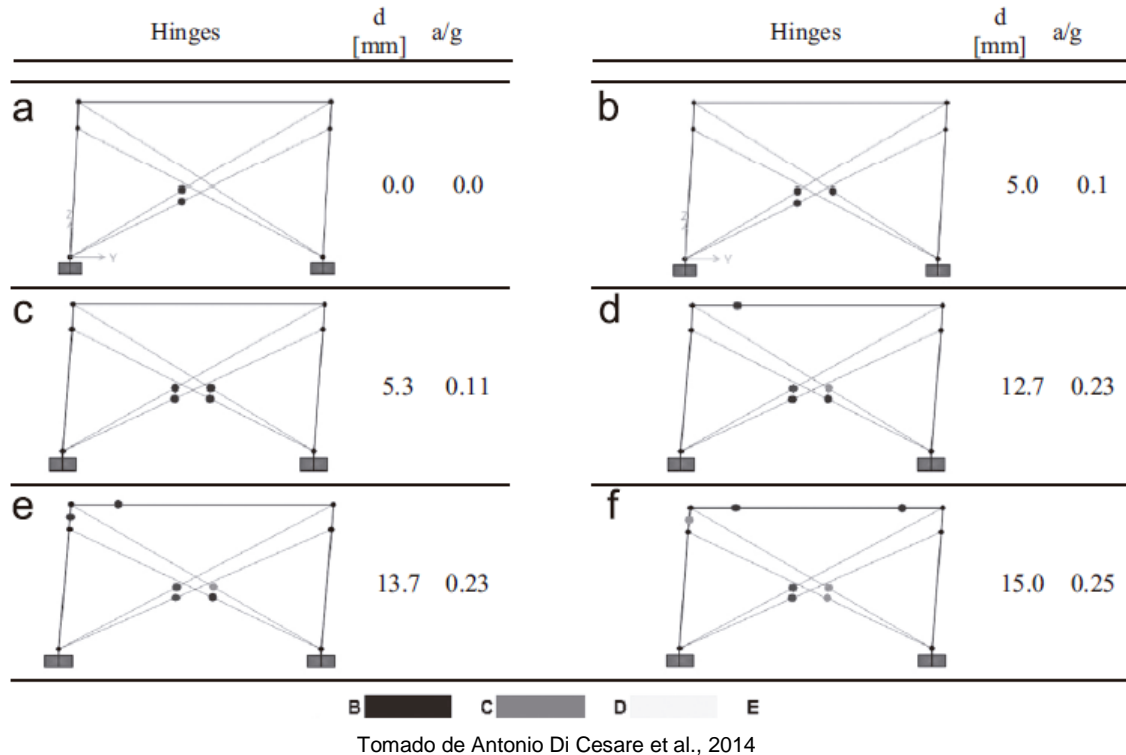
El punto (a), corresponde a la falla de los paneles centrales en sentido Y, el punto (b) indica la falla por corte de la primera columna en dirección Y y el punto (c)



muestra la falla de los paneles centrales en sentido X. Todas éstas fallas ocurridas en el primer piso.

En la siguiente figura se muestra la evolución de daño para los paneles de relleno exteriores en dirección Y.

Figura 18 Evolución de daño primer piso-paneles exteriores sentido Y



De la figura anterior se puede decir lo siguiente:

- (b) Se alcanzó el límite elástico de compresión en una aceleración espectral igual a 0.1g.
- (c) Se extendió el daño a la otra viga del mismo panel.
- (d) Falla del panel en una aceleración de 0.23g y desplazamiento $d=12.7$ mm, lo cual concuerda con el punto (a) de la figura 14.
- (e) Aparece la primer rótula de corte a $d=13.7$ mm y aceleración de 0.235g.
- (f) Se presenta el límite de falla para $d=15$ mm y 0.254g.

A continuación se muestra la evolución de daño para los paneles de relleno exteriores en dirección X.

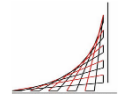
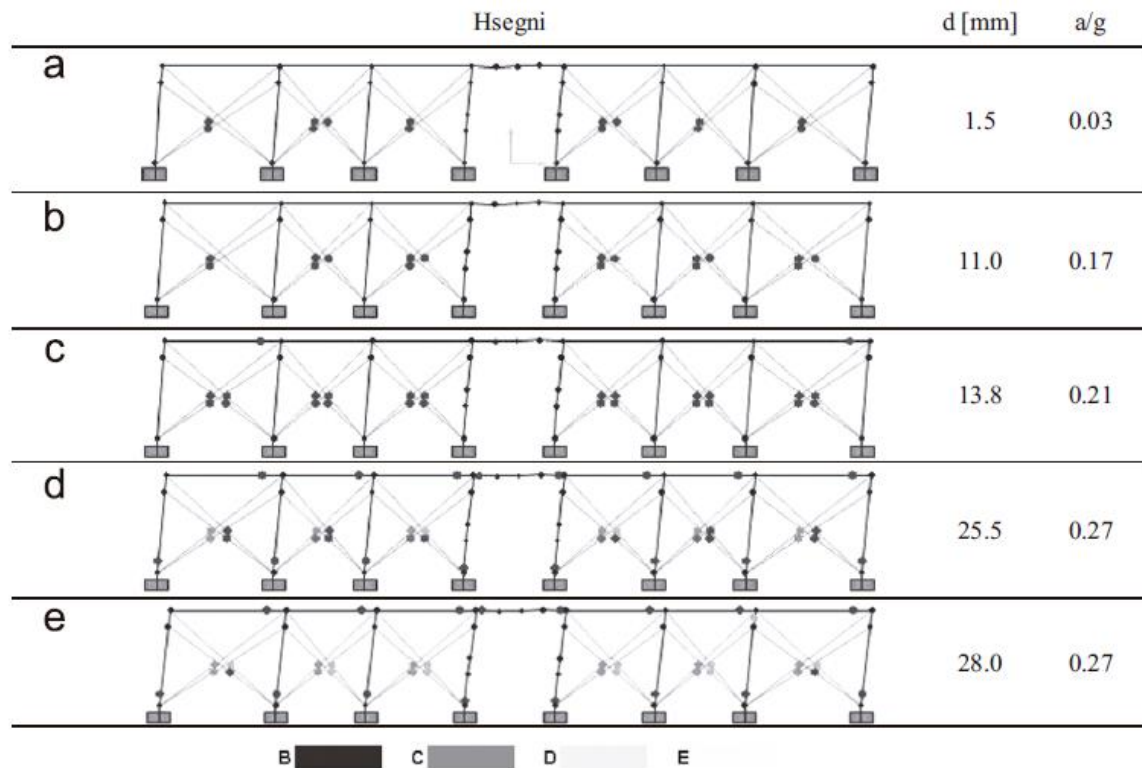
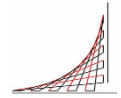


Figura 19 Evolución de daño primer paneles exteriores sentido X



Tomado de Antonio Di Cesare et al., 2014

La falla de los elementos de concreto y paneles de relleno se dio para valores más altos de aceleración espectral respecto a los encontrados en sentido Y.



5. PERSPECTIVAS DEL DESARROLLO DEL ÁREA

5.1. Áreas de trabajo actual

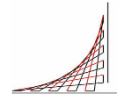
Principalmente para dar un veredicto rápido del estado de una edificación luego de un sismo se usa un método cuantitativo, en el que por supuesto está involucrado el concepto del profesional capacitado. Se ha visto que en países como Chile y México se hace un esfuerzo enorme por mantener actualizadas a las personas a las cuales se les delega la función de evaluadores o inspectores.

Teniendo en cuenta lo anterior, un factor importante dentro de la preparación para la emergencia es el conocimiento de las condiciones preexistentes. Se está trabajando en tener un inventario de las edificaciones y clasificarlas según su sistema estructural, materiales, norma de diseño, etc. Sin embargo, es un trabajo exhaustivo y complejo que requiere de grandes esfuerzos logísticos y económicos para un país.

La ciudad de Manizales (Colombia) por su localización y topografía se considera de alto riesgo sísmico. Se están proponiendo modelos probabilísticos de vulnerabilidad que amparados por el impuesto predial proponen un sistema de protección financiera ante el riesgo, además de permitir el planteamiento de planes de emergencia.

En cuanto a sistemas de evaluación a gran escala existe la inspección usando imágenes satelitales, la cual, apoyándose en sistemas de información geográfica y estudio de las sombras de las construcciones se puede determinar una zona de edificios colapsados. También mediante la comparación de fotografías de diferentes épocas pre y post-sismo se pueden medir desplazamientos que predicen el posible comportamiento de la estructura luego del sismo.

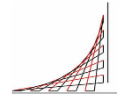
A nivel global, la GAR (Global Assessment Report), impulsada por entidades como UNISDR (Agencia de las Naciones Unidas para la reducción del riesgo de desastres) contribuye enormemente con la evaluación de riesgo sísmico a gran escala. De manera resumida la plataforma CAPRA (Comprehensive Approach to Probabilistic Risk Assessment) permite ver curvas de excedencia de pérdidas a nivel nacional.



5.2. Problemas por resolver

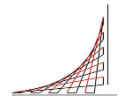
Indiscutiblemente el tema es un reto para la ingeniería y las entidades gubernamentales involucradas en temas de gestión de riesgo. Por lo cual, a continuación se enumeran diferentes factores que sirven como punto de partida para continuar mejorando los sistemas:

- Mayor participación de entidades gubernamentales.
- Realizar capacitaciones y actualizaciones al personal profesional encargado de las inspecciones después de un sismo.
- Socialización efectiva de la información en cuanto a formatos de inspección.
- Planteamiento y divulgación de la logística a seguir en el caso del evento sísmico.
- Conocimiento y concientización de los sistemas estructurales que se tienen en nuestras construcciones para cuantificar el posible daño e impacto en la población.
- En Colombia, puntualmente en Bogotá, el tema debe tratarse de manera constante, es importante resaltar que la última socialización y capacitación que se realizó fue en Diciembre de 2010 con el formato de inspección de daño de 2009.



6. CONCLUSIONES

- En primer lugar se debe resaltar el crucial e importante papel que tienen las entidades de gestión de riesgo de cada ciudad, el interés en desarrollar, discutir, socializar y poner en marcha los sistemas de evaluación de daño debe empezar por allí.
- La importancia de hacer un trabajo juicioso con los sistemas de evaluación de daño post-sismo permite mitigar consecuencias como la congestión de albergues, pérdidas de vidas por edificaciones vulnerables habitadas durante las réplicas, definición de estructuras a reforzar o demoler, entre otras.
- Los métodos cuantitativos por lo general son muy parecidos entre países, puesto que han sido basados en mismos estudios y las guías de evaluación siguen parámetros muy estándar para catalogar los niveles de daño.
- En particular la herramienta computacional desarrollada por Marta Liliana Carreño basada en redes neuronales y conjuntos difusos, resulta ser una opción segura y confiable cuando se requiere hacer evaluación de daño rápida y efectiva ante la emergencia de un sismo. Es la base de la guía técnica desarrollada por AIS y FOPAE vigente en Colombia.
- En cuanto a métodos de evaluación cuantitativos, el estudio realizado por Antonio Di Cesare et al., 2014, tiene una ventaja al contar con una recopilación importante de datos, ya que se presentaron dos sismos; uno el 31 de octubre de 2002 y otro el 1ro de noviembre de 2002. Se tomaron acciones muy rápidas luego del primer sismo y en el edificio en estudio se instalaron equipos de medición que tomaron datos exclusivos del segundo evento. Lo cual permitió desarrollar el método de inspección en tres fases. Una fase cero basada en los planos de diseño, una primera fase basada en el daño luego del primer sismo y finalmente una segunda fase basada en el daño luego del segundo sismo.
- La modificación al método de Park-Ang propuesta por Jiang y Chen es una opción interesante al eliminar el problema que tenía el primer planteamiento al no converger.



BIBLIOGRAFÍA

Park YJ and Ang AHS (1985). Mechanistic seismic damage model for reinforced concrete. Journal of Structural Engineering

Q. Xue, C.W. Wu, C.C. Chen, W.Y Chou. Post-earthquake loss assessment based on structural component damage inspection for residential RC buildings. Journal of Structural Engineering.2009

Mainstone RJ. Supplementary note on the stiffness and strength of infilled frames. Build Res Establish. 1974(London).

FOPAE-AIS. Guía Técnica para inspección de edificaciones después de un sismo. 2009

S. Jérez, A. Mebarki, M. Boukri, D. Benouar. Post-seismic damage evaluation: A probability-based global damage index. 15 WCEE Lisboa 2012

H. J. Jiang, L. Z. Chen, Q. Chen. Seismic Damage Assessment and Performance Levels of Reinforced Concrete Members. China 2011

Antonio Di Cesare, Felice Carlo Ponzio, Marco Vona, Mauro Dolce, Angelo Masi, Maria Rosaria Gallipoli, Marco Mucciarelli. Identification of the structural model and analysis of the global seismic behaviour of a RC damaged building. Italia 2014

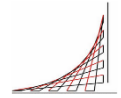
H. Santa María, Allard, Lürdes, M. Santa María. Plan de protección civil: sistema de evaluación estructural rápida post-sismo de edificios e infraestructura. Chile 2010

Timo Balz, Mingsheng Liao. Building-damage detection using post-seismic high-resolution SAR satellite data. Julio 2010

Joel Aragón Cárdenas, Leonardo E. Flores Corona, Óscar A. López Bátiz. Manual del formato de captura de datos para evaluación estructural. Red Nacional de Evaluadores GENAPRED. México 2011

Ministerio de vivienda y Urbanismo MINVU. Instructivo para la evaluación técnica de daños en viviendas post desastres. Chile

AIS. Sistema experto para la toma de decisiones de habitabilidad y reparabilidad en edificios después de un sismo. Colombia 2003

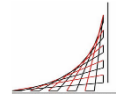


Eduardo Hurtado G. Fichas de lesiones típicas de daños por terremotos e inmuebles. Chile 2014.

Martha Liliana Carreño. Técnicas innovadoras para la evaluación del riesgo sísmico y su gestión en centros urbanos: Acciones ex ante y ex post. Tesis para Universidad Politécnica de Cataluña. España.


Martha Liliana Carreño, Omar Darío Cardona A, Mabel Cristina Marulanda, Alex H. Barbat. Herramienta Computacional para la evaluación post-sísmica de daños de edificios. Colombia 2006

Plataforma CAPRA Comprehensive Approach to Probabilistic Risk Assessment. <http://www.ecapra.org/es/>. Julio 2015.




ANEXOS

Anexo 1 Formato único de inspección después de un sismo Pág 1. FOPAE-AIS



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

FORMULARIO ÚNICO PARA INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES
DESPUES DE UN SISMO



LOCALIDAD NOMBRE DEL BARRIO

BARRIO MANZANA PREDIO CONSTRUCCION

IDENTIFICACION CATASTRAL

Formulario Número

Inspección de la edificación

Exterior e Interior No se pudo entrar

Clasificación de la habitabilidad

Verde Amarillo Naranja Rojo

IDENTIFICACION DE LA EDIFICACION

Dirección: Carrera Calle Tramo Diag

Ave Oto: Número

Nombre de la Edificación:

Uso predominante:

1. Residencial	2. Comercial	3. Educativo	De la edificación	<input type="checkbox"/>
4. Salud	5. Hotelero	6. Oficinas	De la Planta Baja	<input type="checkbox"/>
7. Industrial	8. Institucional	9. Bodegas		
10. Estacionamiento	11. Otros			

Número de pisos: Niveles sobre el terreno sótanos Total

Dimensiones aproximadas de la edificación: Frente (m) Fondo (m)

DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Sistema Estructural

Reforzado: 11 Pórtico de concreto 12 Muros estructurales 13 Sistemas duales 14 Prefabricados

Mampostería: 21 Mampostería confinada 22 Mampostería reforzada 23 Mampostería no reforzada

Acero: 31 Pórticos antisísmicos 32 Pórticos no antisísmicos

Madera: 41 Pórticos y paneles en madera 42 Pórticos en madera y paneles en otros materiales

Bahareque o tapia: 51 Muros en bahareque 52 Muros en tapia

53 Mista 54 Otros

Sistema Estructural

Tipo de Entrepiso

Concreto Reforzado: 11 Placa maciza 12 Placa aligerada 13 Reductor colado

Acero: 21 Lámina colodante (steel deck) 22 Vigas 23 Cerchas

Madera: 31 Vigas 32 Mista

40 Otros

Tipo de entripiso:

Año de construcción

1. Antes de 1930	2. 1930 a 1944
3. 1945 a 1967	4. A partir de 1968

ESTADO DE LA EDIFICACION

Estado General de la Edificación

Revisar la edificación en forma global para las condiciones señaladas a continuación y hacer las aclaraciones necesarias en la sección de comentarios:

1. Existe colapso: 1. No 2. Parcial 3. Total

2. Desviación o inclinación de la edificación o de algún entrepiso 1. Si 2. No 3. No se pudo determinar

3. Faltó o asentamiento de la cimentación: 1. Si 2. No 3. No se pudo determinar

Daños en Elementos Arquitectónicos

Indique el grado de daño de los elementos

4. Muros de fachadas o antepechos 1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo

5. Muro divisorio o particiones 1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo

6. Cielo rasos y luminarias 1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo

7. Cubierta 1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo

8. Escaleras 1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo

9. Instalaciones: Acueducto Alcantarillado Energía Gas 1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo

10. Tanques elevados 1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo

Problemas Geofísicos

11. Faltó en salud o movimientos en masa 1. No 2. Puntual 3. General

12. Asentamiento, subsidencia o licuación 1. No 2. Puntual 3. General

Daños en Elementos Estructurales en el piso de mayor afectación

Indique el nivel de entripiso con el mayor daño

Indique el porcentaje de los elementos afectados según su grado de daño

	1. Ninguno	2. Leve	3. Moderado	4. Fuerte	5. Severo
13. Columnas o muros portantes	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
14. Vigas	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
15. Nudos o puntos de conexión	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
16. Entrepisos	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Porcentaje de Daños Global de la Edificación

Estimar el porcentaje del área afectada con relación al área total construida de la edificación:

Rango	%	Clasificación Global del daño
0%	<input type="text"/>	Ninguno
0 - 10%	<input type="text"/>	Leve
10 - 30%	<input type="text"/>	Moderado
30 - 60%	<input type="text"/>	Fuerte
60 - 100%	<input type="text"/>	Severo
100%	<input type="text"/>	Colapso total

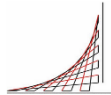
Clasificación global del daño y habitabilidad de la edificación

Clasificación Global del daño	Clasificación de habitabilidad (color)
1. Ninguno	Habitable (verde)
2. Leve	Habitable (verde)
3. Moderado	Uso restringido (amarillo)
4. Fuerte	No habitable (naranja)
5. Severo	Peligro de colapso (rojo)

Indique la clasificación del daño según la presente evaluación

Existe una clasificación previa? 1. Si 2. No Cuen?

Tomado de Guía Técnica para inspección de edificaciones después de un sismo. FOPAE-AIS. 2009



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

FORMULARIO ÚNICO PARA INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES
DESPUES DE UN SISMO

RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

Si necesita visita especializada por aspectos:

Estructurales Geotécnicos Servicios públicos

Medidas de seguridad:

Restringir paso de peatones Restringir tráfico vehicular Apuntalar Describir elementos en peligro de caer

Evacuar parcialmente la edificación Evacuar totalmente la edificación Evacuar edificaciones vecinas Desconectar 1. Energía 2. Gas 3. Agua

Manejo de sustancias peligrosas

Especifique lugares de la edificación que requieren la aplicación de las medidas de seguridad _____

Se recomienda intervención de:

Planación- Control físico Policía-Ejército Tránsito Bomberos Entidades de rescate

ESQUEMA

CONDICIONES PRE-EXISTENTES

Calidad de la Construcción: 1. Buena 2. Regular 3. Mala

Posición de la edificación en la manzana: 1. Esquina 2. Intermedia 3. Libre por un costado 4. Libre por dos costados

Configuración en Planta: 1. Buena 2. Regular 3. Mala

Configuración en Altura: 1. Buena 2. Regular 3. Mala

Configuración estructural: 1. Buena 2. Regular 3. Mala

Hay indicios de daños por sismos anteriores: 1. Si 2. No

Hubo reparación: 1. Total 2. Parcial 3. Ninguna

EFEECTO EN LOS OCUPANTES

Hubo muertos o heridos: 1. No 2. Si 3. No se sabe

Número de personas fallecidas

Número de heridos

OCUPACION DE LA EDIFICACION

En el momento de realizar esta evaluación la edificación está habitada: 1. Si 2. No

Número de unidades residenciales o comerciales existentes

Número de unidades residenciales o comerciales no habitables

PERSONA PARA CONTACTO

Nombres y Apellidos

Teléfono

COMENTARIOS

Ampliar la evaluación con observaciones que ayuden a darle claridad al formulario. Indicar los elementos donde los daños fueron más importantes. Amplíe recomendaciones.

INSPECTORES

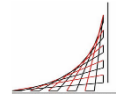
Código de la comisión: No de Evaluadores:

Nombre del líder de la comisión: Firma: _____

FECHA DE INSPECCIÓN

Día Mes Año Hora 24:00

Tomado de Guía Técnica para inspección de edificaciones después de un sismo. FOPAE-AIS. 2009



Anexo 2 Formato de captura de datos para evaluación estructural

FORMATO DE CAPTURA DE DATOS PARA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Febrero-2011

Fecha: _____ Hora: _____ Duración visita: _____ Clave: _____

Nombre del evaluador: _____ Ingeniero o arquitecto Estudiante Ing./Arq.

INFORMACIÓN GENERAL DEL INMUEBLE

Nombre del inmueble: _____

Nombre del edificio/cuerpo/área: _____
(usar un formato por cada edificio/cuerpo/área) Coordenadas: (_____ N, _____ O, _____ manm)

Calle y número: _____

Colonia/Barrio: _____ Código postal: _____

Localidad (pueblo/ciudad): _____

Delegación/Municipio: _____ Estado: _____

Referencias: _____
(entre calles "A" y "B", un sitio notable, etc.)

Persona contactada/propietario: _____ Cargo o función: _____

Teléfono: +(_____) Fax: _____ Correo electrónico: _____

USO (Anotar % de área para cada uso, debe sumar 100%)

1- Habitacional <input type="checkbox"/> Vivienda Multifamiliar <input type="checkbox"/> Hotel <input type="checkbox"/> Dormitorio	3- Educativo <input type="checkbox"/> Preescolar <input type="checkbox"/> Primaria <input type="checkbox"/> Secundaria <input type="checkbox"/> Superior <input type="checkbox"/> Biblioteca <input type="checkbox"/> Museo	5- Reunión <input type="checkbox"/> Centro social <input type="checkbox"/> Templo religioso <input type="checkbox"/> Gimnasio <input type="checkbox"/> Salón baile/juego <input type="checkbox"/> Cine/Teatro/Auditorio <input type="checkbox"/> Estadio	7- Comunicaciones y transportes <input type="checkbox"/> Terminal de pasajeros <input type="checkbox"/> Terminal de carga <input type="checkbox"/> Estacionamiento <input type="checkbox"/> Aeropuerto/Puerto <input type="checkbox"/> Correo / Telégrafo / Teléfono <input type="checkbox"/> Radio / Televisión <input type="checkbox"/> Antena transmisora
2- Oficinas / Comercio <input type="checkbox"/> Oficinas <input type="checkbox"/> Tienda <input type="checkbox"/> Mercado <input type="checkbox"/> Restaurante	4- Salud / Social <input type="checkbox"/> Hospital <input type="checkbox"/> Clínica <input type="checkbox"/> Asilo <input type="checkbox"/> Estancia infantil	6- Industrial <input type="checkbox"/> Fábrica <input type="checkbox"/> Taller <input type="checkbox"/> Bodega <input type="checkbox"/> Generac. eléctrica <input type="checkbox"/> De combustibles	Estructura GRUPO: <input type="radio"/> A <input type="radio"/> B1 <input type="radio"/> B2 <input type="radio"/> C

Otro _____

Ocupación: Habitada/en uso Abandonada/desocupada Desalojada por daños Número de ocupantes o capacidad de personas: _____

TERRENO Y CIMENTACIÓN

Topografía <input type="checkbox"/> Planicie <input type="checkbox"/> Ladera de cerro <input type="checkbox"/> Rivera río/lago <input type="checkbox"/> Fondo de valle <input type="checkbox"/> Depósitos lacustres <input type="checkbox"/> Costa	Tipo suelo <input type="checkbox"/> Arcilla muy blanda <input type="checkbox"/> Limos o arcillas <input type="checkbox"/> Granular suelto <input type="checkbox"/> Granular compacto <input type="checkbox"/> Roca	SUELO <input type="radio"/> Blando <input type="radio"/> Transición <input type="radio"/> Firme	Cim. Superficial <input type="checkbox"/> Zapatas aisladas <input type="checkbox"/> Zapatas corridas <input type="checkbox"/> Cimiento de piedra <input type="checkbox"/> Losa <input type="checkbox"/> Cajón
			Cimentación Profunda <input type="checkbox"/> Pilotes / pilas <input type="checkbox"/> Otro

Nivel freático: _____ m Pendiente del terreno: _____ % Distancia a río / lago / mar: _____ m

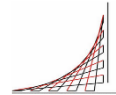
CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA

No. de niveles, n = _____ Año de construcción: _____ No. de sótanos: _____ Año rehabilitación: _____	Área del terreno: _____ m ² Recarga acuíferos: _____ % Área de la planta tipo: _____ m ²	<p>PLANTA</p>
<input type="checkbox"/> Apéndice en azotea (escaleras / elevador / cuarto azotea) <input type="checkbox"/> Mezanine (losa intermedia que no cubre toda la planta) <input type="checkbox"/> Piso a media altura (de los entrepisos tipo) <input type="checkbox"/> Escalera externa <input type="checkbox"/> Semisótano (primer sótano a medio nivel de calle)	Dimensiones Generales: X = Frente: _____ m Y = Fondo: _____ m Altura Planta baja: _____ m Altura entrepisos: _____ m No. cajones estacionamiento: _____ No. elevadores: _____ No. escaleras independientes: _____	<p>ELEVACIÓN</p>

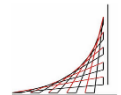
Instalaciones:
 Elevador Eléctrica
 Agua potable Alcantarillado
 Gas Otra: _____

<<logotipos de instituciones participantes>>

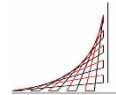
10



VULNERABILIDAD																																																																																																	
Posición en manzana: <input type="checkbox"/> Esquina <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Aislado																																																																																																	
Irregularidad en planta <input type="checkbox"/> Asimétrico (efectos de torsión) <input type="checkbox"/> Aberturas en planta > 20 % (área o longitud) <input type="checkbox"/> Longitud entrantes/salientes > 20 % <input type="checkbox"/> En "L" u otra geometría irregular	Irregularidad en elevación <input type="checkbox"/> Planta baja flexible <input type="checkbox"/> Marcos o muros no llegan a la cimentación <input type="checkbox"/> Columnas cortas <input type="checkbox"/> Reducción de la planta en pisos superiores <input type="checkbox"/> Apoyos a diferente nivel (laderas) <input type="checkbox"/> Sistemas de entrepiso inclinados <input type="checkbox"/> Grandes masas en pisos superiores <input type="checkbox"/> Arreglo irregular de ventanas en fachada																																																																																																
Otras fuentes de vulnerabilidad <input type="checkbox"/> Conexión excéntrica trabe-columna <input type="checkbox"/> Péndulo invertido/una sola hilera de columnas <input type="checkbox"/> Un elemento resiste más del 35% del sismo	Edificio vecino crítico No. de pisos: _____ Separación: _____ cm Uso no.: _____ <input type="checkbox"/> Columna débil-viga fuerte <input type="checkbox"/> Marcos <input type="checkbox"/> Sin daño <input type="checkbox"/> Muros <input type="checkbox"/> Daño medio <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Daño severo <input type="checkbox"/> Pisos a diferente altura																																																																																																
SISTEMA ESTRUCTURAL																																																																																																	
Material en muros <input type="checkbox"/> Concreto reforzado <input type="checkbox"/> Concreto prefabricado <input type="checkbox"/> Tablón de concreto (macizo) <input type="checkbox"/> Bloque de concreto (20x40 cm) <input type="checkbox"/> Ladrillo de barro macizo <input type="checkbox"/> Tablón de arcilla hueco <input type="checkbox"/> Paneles con capa de mortero <input type="checkbox"/> Madera <input type="checkbox"/> Piedra <input type="checkbox"/> Adobe <input type="checkbox"/> Bahareque (ramas/leño) <input type="checkbox"/> Material precario (débil: lámina/cartón/desecho) <input type="checkbox"/> Otro: _____	Sección de elementos predominantes <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>Forma</td> <td>Rectangular</td> <td>Circular</td> <td>Tubo circular</td> <td>Secc. H / I</td> <td>Cajón</td> <td>Secc. L</td> <td>Armadura</td> <td>Material</td> <td>Concreto</td> <td>Acero</td> <td>Prefabricado</td> <td>Madera</td> <td>Sección</td> </tr> <tr> <td>Columnas</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Trabes Principales</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Trabes Secundarias</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Diagonales</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> <td>_____</td> </tr> </table> Ejemplo: $b < h$ $\phi = D$ $b_r < t_r$ $b < t$ $2L > bxt$	Forma	Rectangular	Circular	Tubo circular	Secc. H / I	Cajón	Secc. L	Armadura	Material	Concreto	Acero	Prefabricado	Madera	Sección	Columnas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	Trabes Principales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	Trabes Secundarias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	Diagonales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____																										
Forma	Rectangular	Circular	Tubo circular	Secc. H / I	Cajón	Secc. L	Armadura	Material	Concreto	Acero	Prefabricado	Madera	Sección																																																																																				
Columnas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____																																																																																				
Trabes Principales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____																																																																																				
Trabes Secundarias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____																																																																																				
Diagonales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____																																																																																				
Refuerzo en la mampostería <input type="checkbox"/> Sin refuerzo <input type="checkbox"/> Mampostería confinada <input type="checkbox"/> Mampostería mal confinada (sin refuerzo en puertas/ventanas) <input type="checkbox"/> Con refuerzo interior <input type="checkbox"/> Otro: _____																																																																																																	
ESTRUCTURA PRINCIPAL VERTICAL <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td colspan="2">Planta Baja</td> <td colspan="2">Niveles Tipo</td> <td>Sótano</td> <td>Apéndice</td> <td>Cubos (escaleras / elevador)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td>Y</td> <td>X</td> <td>Y</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Marcos</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Contrav.</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Muros</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> Marcos en el entrepiso representativo Número de marcos paralelos: a X: _____ a Y: _____ Claro promedio: X = _____ m Y = _____ m Número total de columnas: _____ (en todo el entrepiso) No. crujeas con contraviento: en X: _____ en Y: _____ No. crujeas con muro diafragma: en X: _____ en Y: _____		Planta Baja		Niveles Tipo		Sótano	Apéndice	Cubos (escaleras / elevador)		X	Y	X	Y				Marcos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Contrav.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Muros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SISTEMA DE PISO / TECHO Sistema de piso <input type="checkbox"/> Losa apoyada en trabes <input type="checkbox"/> Losa plana (sin trabes) <input type="checkbox"/> Vigas y piso de madera <input type="checkbox"/> Vigas y enladrillado (bóveda catalana) <input type="checkbox"/> Vigas, largueros y cubierta <input type="checkbox"/> Armaduras y cubierta <input type="checkbox"/> Armaduras 3D <input type="checkbox"/> Arcos de mampostería Distancia a ejes de: Trabes secundarias: _____ cm Vigas, viguetas o nervaduras: _____ cm Largueros: _____ cm
	Planta Baja		Niveles Tipo		Sótano	Apéndice	Cubos (escaleras / elevador)																																																																																										
	X	Y	X	Y																																																																																													
Marcos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																										
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																										
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																										
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																										
Contrav.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																										
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																										
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																										
Muros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																										
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																										
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																										
Muros en el entrepiso representativo Suma de longitudes de muros y espesor (t): De concreto: $\Sigma Lx =$ _____ m, $\Sigma Ly =$ _____ m, $t =$ _____ cm De mampostería: $\Sigma Lx =$ _____ m, $\Sigma Ly =$ _____ m, $t =$ _____ cm	Losa de concreto <input type="checkbox"/> Maciza <input type="checkbox"/> Aligerada (reticular) <input type="checkbox"/> Prefabricada de concreto <input type="checkbox"/> Vigüeta y bovedilla <input type="checkbox"/> Lámina acanalada con capa de concreto (Losa-acero) Espesor total: _____ cm Capa compresión: _____ cm Armaduras <input type="checkbox"/> De acero <input type="checkbox"/> De madera <input type="checkbox"/> Peralte variable Claro: _____ m, Peralte: _____ m Separación armaduras: _____ m Sección cuerdas: _____ Secc. diagonales: _____ Forma de la cubierta <input type="checkbox"/> Techo plano horizontal <input type="checkbox"/> Inclinado pendiente: _____ % <input type="checkbox"/> Bóveda cilíndrica $\phi =$ _____ m <input type="checkbox"/> Cúpula $\phi =$ _____ m																																																																																																
Planos: <input type="checkbox"/> Arquitectónico <input type="checkbox"/> Estructural <input type="checkbox"/> Memoria de cálculo <input type="checkbox"/> Autoconstrucción (sin cálculo) Especificar: _____																																																																																																	
REHABILITACIÓN																																																																																																	
Tipo <input type="checkbox"/> Arquitectónicas <input type="checkbox"/> Reparación estruct. <input type="checkbox"/> Refuerzo <input type="checkbox"/> Reestructuración	Técnicas empleadas <input type="checkbox"/> Recimentación <input type="checkbox"/> Encamisado concreto <input type="checkbox"/> Encamisado acero <input type="checkbox"/> Muros: malla y mortero <input type="checkbox"/> Contraviento <input type="checkbox"/> Adición de muros concreto <input type="checkbox"/> Adición muros mampostería <input type="checkbox"/> Contrafuertes externos <input type="checkbox"/> Fibra carbono / sintéticos <input type="checkbox"/> Otro																																																																																																
Descripción breve: _____																																																																																																	



EVALUACIÓN DE DAÑOS																																																																			
Problemas geotécnicos <input type="checkbox"/> Grietas en el terreno circundante <input type="checkbox"/> Hundimientos diferenciales <input type="checkbox"/> Deslizamiento de ladera <input type="checkbox"/> Socavación o Erosión	<input type="checkbox"/> Liquefacción de arenas <input type="checkbox"/> Hundimiento (-) o emersión (+) general = _____ cm <input type="checkbox"/> Inclinación del edificio: _____ %	Estructura <input type="checkbox"/> Colapso total	Colapso parcial <input type="checkbox"/> Techo <input type="checkbox"/> Planta baja <input type="checkbox"/> Piso Intermedio <input type="checkbox"/> Sección del edificio _____ % <input type="checkbox"/> Choque con edificio vecino																																																																
Daños máximos observables Anotar la clave de entrepiso (N1, N2, ..., S1...)																																																																			
Tipo de daño y características 1- Colapso / daño generalizado 2- Grietas inclinadas (por cortante) 3- Grietas normales al eje (por flexión) 4- Aplastamiento concr. y barras expuestas 5- Fractura refuerzo longitudinal 6- Fractura refuerzo transversal o estribos 7- Pandeo de barras a compresión 8- Pandeo de placas 9- Pandeo global o inestabilidad 10- Falla de soldadura 11- Falla de conectores (tornillos/remaches) 12- Corrosión del acero Armado del elemento (de concreto) Distancia entre estribos / atiesadores Sección del elemento Ejemplos de datos que se pueden recabar:	Columnas $b \times h / \phi$	Trabes $b \times h / d \times d_{tr}$	Muros mampostería de concreto $t, h > d_c$	Contraviento $b \times h / d \times d_{tr}$	Conexiones $b \times h$																																																														
Sistema de piso / techo <input type="checkbox"/> Colapso <input type="checkbox"/> Grietas: <input type="checkbox"/> alrededor de columnas <input type="checkbox"/> al centro del claro <input type="checkbox"/> sobre las trabes <input type="checkbox"/> en las esquinas del tablero anchura máxima: _____ mm	Porcentaje de elementos dañados en el entrepiso crítico <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td>Grave</td> <td>Medio</td> <td>Clave de entrepiso</td> </tr> <tr> <td>Columnas</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Trabes</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Muros concreto X</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Muros concreto Y</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Muros mampostería X</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Muros mampostería Y</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Contravientos</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Conexiones</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				Grave	Medio	Clave de entrepiso	Columnas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Trabes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Muros concreto X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Muros concreto Y	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Muros mampostería X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Muros mampostería Y	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Contravientos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Conexiones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td>Daño grave</td> <td>Medio</td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="font-size: small; vertical-align: middle;">Muro- Columnas, trabes, pte. muros de concreto</td> <td>Colapso</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grietas por cortante > 2 mm</td> <td>> 1 mm</td> </tr> <tr> <td>Grietas por flexión > 5 mm</td> <td>> 2 mm</td> </tr> <tr> <td>Pandeo general</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pandeo de placas</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pandeo o fractura del refuerzo</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="border-top: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>Grietas por cortante > 5 mm</td> <td>> 2 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>G. Inclinada en castillo > 1 mm</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Daño grave	Medio	Muro- Columnas, trabes, pte. muros de concreto	Colapso		Grietas por cortante > 2 mm	> 1 mm	Grietas por flexión > 5 mm	> 2 mm	Pandeo general		Pandeo de placas			Pandeo o fractura del refuerzo						Grietas por cortante > 5 mm	> 2 mm		G. Inclinada en castillo > 1 mm		
	Grave	Medio	Clave de entrepiso																																																																
Columnas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																
Trabes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																
Muros concreto X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																
Muros concreto Y	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																
Muros mampostería X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																
Muros mampostería Y	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																
Contravientos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																
Conexiones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																
	Daño grave	Medio																																																																	
Muro- Columnas, trabes, pte. muros de concreto	Colapso																																																																		
	Grietas por cortante > 2 mm	> 1 mm																																																																	
	Grietas por flexión > 5 mm	> 2 mm																																																																	
	Pandeo general																																																																		
Pandeo de placas																																																																			
Pandeo o fractura del refuerzo																																																																			
Grietas por cortante > 5 mm	> 2 mm																																																																		
G. Inclinada en castillo > 1 mm																																																																			
DAÑOS EN OTROS ELEMENTOS																																																																			
Exteriores <input type="checkbox"/> Vidrios <input type="checkbox"/> Torres de anuncios <input type="checkbox"/> Acabados <input type="checkbox"/> Fachadas <input type="checkbox"/> Balcones	Interiores <input type="checkbox"/> Pretios <input type="checkbox"/> Tanques elevados <input type="checkbox"/> Bardash <input type="checkbox"/> Otros: _____	<input type="checkbox"/> Muros divisorios o particiones <input type="checkbox"/> Cielos rasos/plafones <input type="checkbox"/> Lámparas <input type="checkbox"/> Escaleras	<input type="checkbox"/> Elevadores <input type="checkbox"/> Instalaciones (Gas, Eléctrica, etc.) <input type="checkbox"/> Derrames tóxicos																																																																
CROQUIS DEL INMUEBLE																																																																			
(Marcar el Norte) N																																																																			



Anexo 3 Formato propuesto de captura de datos

Inspección

Numero de Serie: _____ Número de inspección _____ Fecha / / Hora: _____
Nombre del Inspector: _____ Asociación: _____

Identificación del edificio

Nombre del Edificio: _____ Dirección: _____ Urbana
Persona de Contacto: _____ C. I. N.: _____ Rural
Teléfono: _____
Fecha de Construcción: _____ N° de pisos sobre nivel: _____ N° de pisos bajo nivel: _____
Uso del Edificio: _____ 1.-Residencial 2.-Comercial 3.-Educativo 4.-Salud 5.-Hotelero 6.-Industrial
7.-Oficinas 8.-Bodegas 9.-Estacionamientos 10.-Otro: _____

Sistema estructural

Hormigón Armado Marcos Muros Mixtos
Albañilería Armada Confinada No armada
con bloques de tipo: Cerámico Fiscal Hormigón Adobe Otro _____
Acero Marcos arriostrados Marcos rígidos Soldado Apernado Mixto
Madera Marcos de madera Muros de madera Otro material _____

Inspección

Modo de Inspección Exterior Interior primer piso Interior todo el edificio Otro

Evaluación global de la estructura

	A	B	C
Colapso total o parcial	<input type="radio"/> No	---	<input type="radio"/> Sí
Daño producto de edificaciones adyacentes	<input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Incierto	<input type="radio"/> Sí
Asentamientos producidos	<input type="radio"/> < 0,2 m	<input type="radio"/> 0,2 - 1,0 m	<input type="radio"/> > 1,0 m
Asentamiento diferencial	<input type="radio"/> < 1/60 rad	<input type="radio"/> 1/60 - 1/30 rad	<input type="radio"/> > 1/30 rad

Daño estructural

	A	B	C	No aplica
Muros				
Porcentaje de daño IV o V	<input type="radio"/> < 1/100 (1%)	<input type="radio"/> 1/100 - 1/10 (1%-10%)	<input type="radio"/> > 1/10 (10%)	<input type="radio"/>
Porcentaje de daño III	<input type="radio"/> < 1/8 (12.5%)	<input type="radio"/> 1/8 - 1/4 (12.5%-25%)	<input type="radio"/> > 1/4 (25%)	<input type="radio"/>
Columnas (si no hay daño en la columna pero si en viga y/o Nudo, tomar como daño de columna)				
Porcentaje de daño IV o V	<input type="radio"/> < 1/100 (1%)	<input type="radio"/> 1/100 - 1/10 (1%-10%)	<input type="radio"/> > 1/10 (10%)	<input type="radio"/>
Porcentaje de daño III	<input type="radio"/> < 1/8 (12.5%)	<input type="radio"/> 1/8 - 1/4 (12.5%-25%)	<input type="radio"/> > 1/4 (25%)	<input type="radio"/>

Daño no estructural

	A	B	C
Vidrio y marcos de las ventanas	<input type="radio"/> Casi sin daños	<input type="radio"/> Deformación y/o grietas	<input type="radio"/> Peligro de caída
Terminaciones exteriores	<input type="radio"/> Sin daños	<input type="radio"/> Grietas leves	<input type="radio"/> Grietas significativas
Terminaciones interiores	<input type="radio"/> Sin daños	<input type="radio"/> Grietas leves	<input type="radio"/> Grietas significativas
Cielo falso, ductos de ventilación	<input type="radio"/> Sin daños	<input type="radio"/> Daños observados	<input type="radio"/> Peligro de caída
Muros no estructurales (Enmarcados)	<input type="radio"/> Sin o pocos daños	<input type="radio"/> Grietas sin deformación fuera del plano	<input type="radio"/> Grietas extensas en unión o deformación fuera del plano
Muros no estructurales (sin marco)	<input type="radio"/> Sin daños	<input type="radio"/> Grietas leves	<input type="radio"/> Grietas de corte
Estanques, Antenas, Balcones	<input type="radio"/> Sin daños	<input type="radio"/> Daños observados	<input type="radio"/> Peligro de caída

Daño en cañerías agua/desagües Daños en el suministro eléctrico Daño en cañerías de gas

Suma

	A	B	C
Total			

Resumen

Resumen

Evaluación final del edificio

INSPECCIONADO (SOLO A) ENTRADA LIMITADA (B ≥ 1 y C=0) INSEGURO (B ≥ 2 ó C ≥ 1)

Recomendaciones: (Especifique lugares _____)

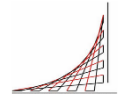
Apuntalar Alzaprimar Remover objetos peligrosos Acordonar Otras _____

Comentarios: _____

Recuperabilidad

Evaluación de la recuperabilidad de la estructura

Sin daño Daño menor Con daño mayor recuperable Destruída / irrecuperable



Memoria de cálculo, daño estructural

	Ninguno (I)	Leve (II)	Moderado (III)	Fuerte (IV)	Severo (V)	Total
Columnas						
Muros						
Vigas						
Nudos						
Conexiones Soldadas						
Conexiones Apornadas						
Losas						
Techumbres						

Clasificación de daño

Se produjo colapso Sí No

Evaluación basado en el asentamiento e inclinación de las fundaciones

Asentamiento de la fundación $S =$ _____ (m)

Inclinación de la fundación $\theta_x =$ _____ rad

$\theta_y =$ _____ rad

$\theta = \sqrt{\theta_x^2 + \theta_y^2} =$ _____ rad

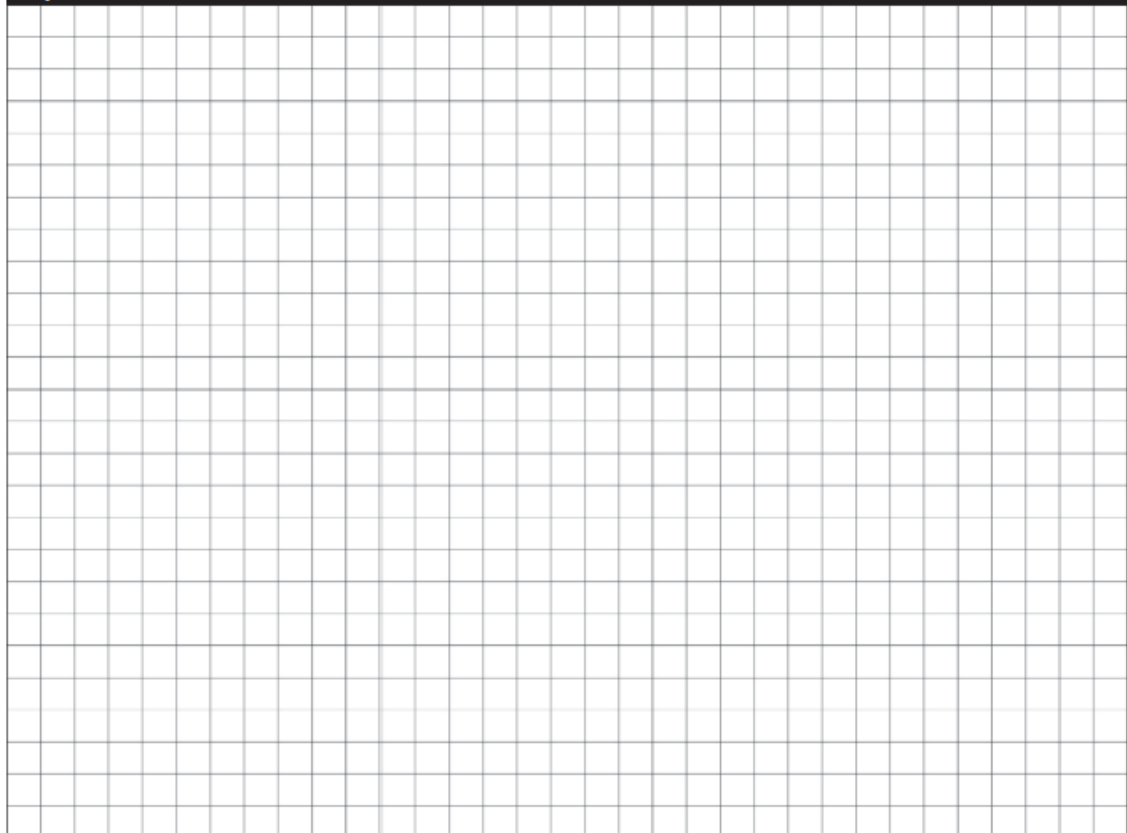
		Asentamiento de la fundacion (m)			
		0 .0	0. 1	0. 3	
θ	1/300	Sin Daño	Leve	Moderado	X
	1/150	Leve	Moderado	Moderado	Severo
	1/75	Moderado	Moderado	Severo	Severo
	1/30	Severo	Severo	Severo	Severo

		Asentamiento de la fundacion (m)			
		0. 05	0. 1	0. 3	
θ	1/150	Sin Daño	Leve	X	X
	1/75	Leve	Moderado	Moderado	X
	1/30	Moderado	Moderado	Severo	Severo
	1/15	Severo	Severo	Severo	Severo

Tipo de daño producto del asentamiento e inclinación de las fundaciones

Sin Daño Daño Leve Daño Moderado Daño Severo

Esquema



Tomado de Santa María H, et al., 2010