

20  
21  
22



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**“PROCEDIMIENTO DE EVALUACION POSTSISMICA  
DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL EN  
EDIFICACIONES”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO CIVIL**  
P R E S E N T A ;  
**RAFAEL GUERRERO FLORES**



DIRECTOR: DR. MARIO E. RODRIGUEZ RODRIGUEZ

MEXICO, D. F.

FEBRERO 1999

2707/99

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-117/98

Señor  
**RAFAEL GUERRERO FLORES**  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor DR. MARIO RODRIGUEZ RODRIGUEZ, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

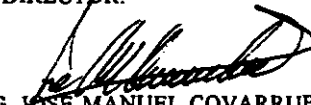
**" PROCEDIMIENTO DE EVALUACION POSTSISMICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL  
EN EDIFICACIONES "**

- I. INTRODUCCION
- II. OBJETIVOS
- III. DAÑOS TÍPICOS OBSERVADOS EN EDIFICACIONES DESPUES DE UN TERREMOTO
- IV. PROCEDIMIENTO DE EVALUACION POSTSISMICA EN EDIFICACIONES
- V. CLASIFICACION DEL ESTADO DE LA EDIFICACION
- VI. EVALUACION RAPIDA
- VII. EVALUACION DETALLADA
- VIII. EQUIPO PARA LA EVALUACION

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitario a 31 de agosto de 1998.  
EL DIRECTOR.

  
ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLÍS  
JMCS/GMP\*lmf

A mis padres, Gloria y  
Rafael, por su cariño,  
sacrificio y esfuerzo.

A mi hermano Rainer,  
porque siempre exista  
cariño y unión

A mi abuela Tita por su  
paciencia y dedicación.

A mi tío Héctor, por su  
valiosa ayuda y consejos.

A mi tía María, por su  
cariño y su ayuda.

**A la memoria de mi tía Julieta.**

**A todos mis tíos, tías, primos  
y primas.**

**A mis amigos de la facultad,  
por cinco años de estudio y  
por haber formado un buen  
equipo.**

**Y a todas aquellas personas  
que han estado presentes en  
los momentos más importantes  
de mi vida.**

**A todos, de verdad muchas gracias.**

# **Agradecimientos**

Al Dr. Mario E. Rodríguez Rodríguez, por su valiosa ayuda y por haber dirigido esta tesis.

A la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica (SMIS), por haberme dado la oportunidad de participar en este proyecto.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por mi formación como Ingeniero Civil.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>I.- OBJETIVOS</b>	<b>IV</b>
<b>II.- DESCRIPCIÓN DEL MANUAL</b>	<b>V</b>
<b>III.- MANUAL DE EVALUACIÓN POSTSÍSMICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL EN EDIFICACIONES</b>	<b>VII</b>
<b>1.- INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2.- OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>3.- PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN POSTSÍSMICA EN EDIFICACIONES</b>	<b>4</b>
3.1.- Evaluación rápida	4
3.2.- Evaluación detallada	4
<b>4.- CLASIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA EDIFICACIÓN</b>	<b>7</b>
<b>5.- EVALUACIÓN RÁPIDA</b>	<b>9</b>
5.1.- Introducción	9
5.2.- Inspectores	9
5.3.- Procedimiento de evaluación rápida	9
5.4.- Clasificación del estado de la edificación	13
5.5.- Pasos a seguir en la evaluación rápida	13
<b>6.- EVALUACIÓN DETALLADA</b>	<b>19</b>
6.1.- Introducción	19
6.2.- Inspectores	20
6.3.- Criterios y procedimientos para la evaluación detallada	20
6.3.- Criterios de clasificación	20
6.5.- Pasos a seguir en la evaluación detallada	22
6.6.- Evaluación detallada en cimentaciones	37
6.6.1.- Generalidades	37
6.6.2.- Información relevante para efectuar la evaluación postsísmica en cimentaciones	37
6.7.- Evaluación detallada en estructuras de concreto reforzado	40
6.7.1.- Generalidades	40
6.7.2.- Información relevante para efectuar la evaluación postsísmica en estructuras de concreto reforzado	41

6.8.- Evaluación detallada en estructuras de acero	48
6.8.1.- Generalidades	48
6.8.2.- Información relevante para efectuar la evaluación postsísmica en estructuras a base de marcos de acero	48
6.9.- Evaluación detallada en estructuras de mampostería	59
6.9.1.- Generalidades	59
6.9.2.- Información relevante para efectuar la evaluación postsísmica en estructuras de mampostería	59
6.10.- Evaluación detallada en elementos no estructurales	66
6.10.1.- Generalidades	66
6.10.2.- Información relevante para efectuar la evaluación postsísmica en elementos no estructurales	67
<b>7.- EQUIPO PARA LA EVALUACIÓN</b>	<b>70</b>
<b>8.- EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LAS EVALUACIONES RÁPIDA Y DETALLADA</b>	<b>72</b>
<b>9- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>81</b>



## INTRODUCCIÓN

Una gran parte del país se encuentra ubicada dentro del Cinturón Circumpacífico y debido a esto es sacudido frecuentemente por sismos de intensidad elevada. Estos sismos son causados principalmente por dos factores, el primero es la subducción de la Placa de Cocos por debajo de la Placa Americana frente a las costas de los estados de Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima y Jalisco; el segundo factor es la falla de San Andrés en Baja California y el Norte de Sonora.

Durante un sismo e inmediatamente después de éste, generalmente la principal preocupación de la población es la de ponerse a salvo, esta situación de pánico trae como consecuencia que en un gran número de personas se presente la confusión o pierdan el control de si mismos manifestándose esto en situaciones de stress, crisis nerviosas, etc, siendo ésta, una causa que incrementa el número de víctimas ante eventos y situaciones de este tipo.

Cuando el sismo que se presente sea de baja intensidad por lo regular no existirán problemas, pero ante sismos de mediana o alta intensidad que causen daños el siguiente paso a seguir consistirá en el desarrollo de dos actividades fundamentales las cuales se deberán realizar a la par. La primera consiste en una fase de rescate, aquí las actividades están enfocadas a la ayuda de sobrevivientes mediante la remoción de escombros, primeros auxilios, asistencia social, establecimiento de albergues, etc. La segunda y la que concierne a este trabajo, es la fase de evaluación estructural, cuyo principal propósito es averiguar si las estructuras que soportaron el movimiento sísmico son aptas para que puedan seguir siendo ocupadas, y lo más importante servir de medio para establecer de nuevo la confianza en la gente que en ellas reside o para convencerlas de no ocuparlas.

El manual que aquí se presenta es un documento básico, ya que para realizar la mencionada actividad se formarán brigadas o grupos de trabajo y es importante que para realizar las labores de evaluación estos diferentes grupos se basen en un documento que contenga criterios ya establecidos, para así poder llegar a conclusiones semejantes. Esto es importante ya que de experiencias en sismos ocurridos en diversos países se ha podido observar que los resultados de estas evaluaciones han sido muy subjetivos y no eran congruentes. Como ejemplo, podemos citar el sismo del 19 de septiembre de 1985, inmediatamente después de éste y antes de que empezaran a retirarse los escombros, se consideró importante la determinación del número de estructuras que habían sufrido daños graves. “El censo de los edificios se realizó calle por calle pero sin entrar a ninguno de ellos, apreciando desde el exterior si el tipo de daño era el de interés o si solo había daños menores o no había daño aparente. Es probable que algún edificio calificado con daño menor al estudiarlo en detalle resultara con afectaciones mayores o que alguno calificado con daños graves por falla aparatosa de elementos no estructurales tuviera poca daño estructural” (del Valle, 1988). Con el uso de este manual, situaciones como la anterior son las que se tratarán de evitar.

Este trabajo contiene una serie de pasos establecidos para la evaluación rápida y detallada, de manera tal que no sólo importa que se llegue a una conclusión uniforme, sino que para llegar a ésta se hallan realizado las mismas actividades. El hecho de desarrollar una revisión estructural con criterios establecidos será de gran utilidad, ya que se verá reflejado en una mejor planeación de las actividades referentes a la rehabilitación, reforzamiento y reparación de estructuras dañadas. Además, sería una buena referencia para el futuro diseño de estructuras y ayudaría a salvaguardar la seguridad de la sociedad en general.

Es importante mencionar que una revisión estructural es en beneficio de la ciudadanía, pero para llevarla a cabo se requiere de la participación de ésta. Esto es que los dueños de los inmuebles entiendan que ellos son los responsables de un bien que es de su propiedad; que los inquilinos se preocupen por dicho inmueble, que sientan la necesidad de estar unidos para su propio beneficio, y que las autoridades técnicas y administrativas, se preocupen por hacer cumplir los reglamentos, y que se muestren como servidores públicos dispuestos a ayudar a la sociedad.

De todo lo anterior es como surge la necesidad de elaborar un documento con la información necesaria para poder llevar a cabo la realización de dichas actividades.

El presente trabajo se basa principalmente en el informe N° 569 de las series del Instituto de Ingeniería (II) de la UNAM, *Manual de Evaluación Postsísmica de la Seguridad Estructural de Edificaciones* (Rodríguez y Castrillón, 1995). En dicho manual se contaba originalmente con información concisa para realizar la evaluación de estructuras después de un sismo.

Debido a lo anterior se tomó la decisión de mejorar y ampliar el contenido de dicho manual y crear un documento que contuviera los criterios necesarios para efectuar una evaluación tanto rápida como detallada en forma adecuada. La revisión de las modificaciones propuestas estuvo a cargo del Comité de Evaluación Postsísmica de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, el cual estuvo formado por los siguientes miembros ( en orden alfabético):

Ing. Sergio Escamilla  
Ing. Francisco García Jarque  
Ing. Raúl Granados Granados  
Ing. Carlos Gutiérrez  
Ing. Raúl Izquierdo  
Dr. Oscar López Batis  
Dr. Mario E. Rodríguez  
Ing. Alfredo Salas Palaceta  
Ing. José Luis Sánchez Martínez  
Dr. Amador Terán Gilmore

## **I.- OBJETIVOS**

Los objetivos de esta tesis son:

- a) Reestructuración y ampliación del manual para obtener un documento con información amplia y detallada para realizar una evaluación rápida y/o detallada de forma adecuada a cualquier tipo de estructura, a su cimentación y a los elementos no estructurales de ésta.
- b) Obtener un documento al que se le pueda dar una divulgación amplia para hacerlo del conocimiento de todos los Corresponsables en Seguridad Estructural, técnicos y personas encargadas de realizar evaluaciones de este tipo.
- c) Contribuir a una preparación técnica para enfrentar problemas generados por eventos sísmicos.

## **II.- DESCRIPCIÓN DEL MANUAL**

El presente manual esta dividido en 9 capítulos. El contenido y cambios realizados en cada uno de éstos son descritos a continuación de manera breve.

En la introducción se da una breve descripción de los motivos que llevaron a la elaboración de este manual, así como de los fines a los que se quiere llegar. Esta parte no presenta cambio alguno.

El capítulo 2 define los objetivos que se pretenden alcanzar con los procedimientos de evaluación que se proponen.

En el capítulo 3, *Procedimiento de evaluación postsísmica de edificaciones*, se indican los dos niveles de evaluación que se deberán realizar así como los tiempos requeridos para su realización. también se da una definición de cuales son las edificaciones esenciales y la manera de cómo se debe proceder a su evaluación. Se describe además de forma esquemática el diagrama de flujo a seguir para llevar a cabo dicho procedimiento. El capítulo sufre modificaciones respecto al manual original en esta parte ya que se incluye la clasificación mas reciente de edificaciones del grupo A de acuerdo al Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.

El capítulo 4, *Clasificación del estado de la edificación*, indica los tres niveles de seguridad que se asocian a los resultados de la evaluación ya sea rápida o detallada. Este capítulo no presenta cambios.

En el capítulo 5, *Evaluación rápida*, se definen los criterios básicos para llevarla a cabo, se indica que personas deben realizarla y se incluye una serie de fotografías en la que se muestra cada uno de estos criterios con el fin de poderlas dar una mejor interpretación. Se sugiere una secuencia de los pasos a seguir para una mejor realización de las actividades. Se muestra también la forma para esta evaluación. Los principales cambios que sufrió este capítulo fueron de redacción, la forma para esta evaluación presentó cambios en cuanto al formato de presentación.

En el capítulo 6, *Evaluación detallada*, se comenta sobre los objetivos y personal adecuado para la realización de dicha actividad. Se describe el procedimiento para esta evaluación, así como una serie de criterios que amplían la clasificación de uso de la edificación dada en el capítulo anterior. Se describen una serie de pasos detallados para realizar la revisión, en dichos pasos se incluyen criterios que son comunes, es decir, aplicables a cualquier tipo de estructura independientemente del material que la forme. Este capítulo sufrió un gran número de modificaciones tanto en la redacción como en la forma. En primer lugar se agruparon en los pasos a seguir los criterios para la evaluación comunes a todas las estructuras. Con el objeto de poder profundizar en la evaluación de sistemas estructurales se crearon una serie de apartados relativos a cimentaciones, estructuras de concreto reforzado, estructuras de acero, estructuras de mampostería y elementos no estructurales. Para cada apartado se crearon dos secciones, una de generalidades y otra con información relevante para efectuar dicha evaluación

En cuanto a cimentaciones se mencionan criterios para definir el grado de daño por inclinación, asentamiento y emersión, y se da una secuencia de recomendaciones para evaluar daños en éstas.

En lo referente a estructuras de concreto se sugieren recomendaciones para estructuras a base de marcos y a base de muros estructurales, se describen de forma clara los daños que pueden presentarse en estas y se ejemplifican con figuras y fotografías que fueron tomadas del manual original.

En cuanto a estructuras de acero solo se contaba en el manual original con la tabla de criterios para determinar el grado de daño en elementos de este tipo, a dicha tabla se agregaron los grados I, II y III. Se muestra información para evaluar daños tanto en conexiones como en elementos

estructurales, se incluye una serie de figuras que muestran daños en conexiones, vigas y columnas, además de fotografías que ejemplifican dichos daños. Se establecen los porcentajes de elementos con grado de daño IV y V.

Para estructuras de mampostería se da información amplia sobre las modalidades y las principales fallas que en ésta se presentan. En el manual original solo se contaba con la tabla de criterios para determinar el grado de daño en este tipo de estructuras. Se incluyen también los parámetros para evaluar los porcentajes de elementos con grado de daño IV y V. Las figuras se tomaron del manual original. Se incluyen fotografías.

La sección de elementos no estructurales incluye una serie de recomendaciones para una evaluación apropiada de los daños en este tipo de elementos. En el manual original no se contaba con casi nada de información relevante al respecto.

Por último, en los capítulos 7, 8 y 9, se indica el equipo necesario para la evaluación rápida y detallada, se muestra un ejemplo de aplicación de ambas evaluaciones y se mencionan las referencias bibliográficas respectivamente. En estos no hay modificaciones.

**III.- MANUAL DE EVALUACIÓN POSTSÍSMICA DE LA SEGURIDAD  
ESTRUCTURAL EN EDIFICACIONES**



## 1.- INTRODUCCIÓN

Después de un terremoto se debe evitar que la gente ocupe o entre a edificaciones inseguras; además, es necesario encontrar refugios temporales seguros para quienes perdieron sus viviendas. Con este fin inmediatamente después de ocurrido un sismo deberán efectuarse inspecciones de emergencia de la seguridad que presentan estructuras de diversos tipos.

La metodología que se propone a continuación, reconoce la necesidad del empleo racional de un número limitado de ingenieros civiles (de preferencia especialistas en estructuras). En la evaluación postsísmica de la seguridad estructural de edificaciones, los inspectores necesitan contar con una serie de ayudas técnicas que les permita evaluar la seguridad de las estructuras con cierto nivel de confiabilidad y congruencia, recopiladas preferiblemente en este manual.

Dicho manual contendrá criterios y procedimientos para evaluar, en un lapso de pocos días después de ocurrido un terremoto, la seguridad postsísmica de edificaciones de acero, concreto reforzado, mampostería, cimentaciones y elementos no estructurales.

El objetivo principal de esta evaluación es dictaminar si las edificaciones que soportaron un temblor pueden tener uso normal o si la entrada en ellas debe estar restringida o prohibida. Además, con esta información se pretende estimar la magnitud del desastre, así como identificar las características generales de los daños, las que pueden influir en mejoras o cambios en los reglamentos de construcción vigentes. Se trata de emplear un procedimiento razonable y uniforme, de manera que los equipos diferentes que evalúen la seguridad de la misma edificación lleguen a conclusiones esencialmente semejantes.

Este procedimiento de evaluación de emergencia consta de dos partes. La primera es la *Evaluación Rápida*, donde se identifican, en un tiempo corto, las edificaciones que visualmente se muestran seguras y las que requieren una valoración posterior o presentan daños importantes. Estos dos últimos tipos pasan posteriormente a ser evaluados en la denominada *Evaluación Detallada*.

## 2.- OBJETIVOS

Los objetivos que se pretenden alcanzar con los procedimientos de evaluación que aquí se desarrollan son los siguientes:

- Servir de procedimiento y guía para la evaluación rápida de la seguridad de edificaciones después de un terremoto.
- Reducir, en un lapso de pocos días después de ocurrido el evento sísmico, la incidencia de lesiones y muertes de ocupantes de edificaciones dañadas por este evento, lo cual puede ocurrir por el daño estructural existente, por la posible caída o volteo de objetos o por posibles temblores secundarios después del terremoto.
- Recoger información de la magnitud del desastre evaluando el número de edificaciones habitables, dañadas o que llegaron al colapso, con el objeto de que las autoridades responsables puedan coordinar y llevar a cabo los procedimientos necesarios para la inmediata protección de las vidas humanas y alojamiento de los afectados. Asimismo, con el análisis de esta información, se busca obtener una estimación preliminar, probablemente poco precisa, de las pérdidas económicas provocadas por el desastre y de la asistencia necesaria para la reconstrucción y desarrollo de la región afectada. También con esta información se puede lograr una estimación general de las principales características de daños, con el propósito de mejorar criterios de diseño sísmico de reglamentos de construcción, así como criterios de planeación urbana.

### 3. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN POSTSÍSMICA DE EDIFICACIONES

El procedimiento de evaluación de seguridad se describe esquemáticamente en el diagrama de flujo de la fig. 3.1, en donde se indica la secuencia de revisión y la clasificación de seguridad a que se llega.

El procedimiento de inspección propuesto en este Manual se aplica por medio de *dos niveles de evaluación* que se describen a continuación.

#### ***3.1 Evaluación Rápida***

Es el procedimiento más simple y es el primer nivel de evaluación. Con esta evaluación se distinguen rápidamente las edificaciones con seguridad aceptable de las obviamente inseguras o con dudas respecto a su seguridad.

Para este nivel de sugiere para la mayor parte de los casos una duración de no más de 1 hora por edificio.

#### ***3.2 Evaluación Detallada***

En esta se realiza una inspección visual más detallada que en el caso de la *Evaluación Rápida*; se lleva a cabo en las estructuras que se consideran como inseguras o con dudas respecto a su seguridad en la *Evaluación Rápida*. Para esta evaluación se sugiere para la mayor parte de los casos una duración alrededor de 2 a 8 horas por edificación.

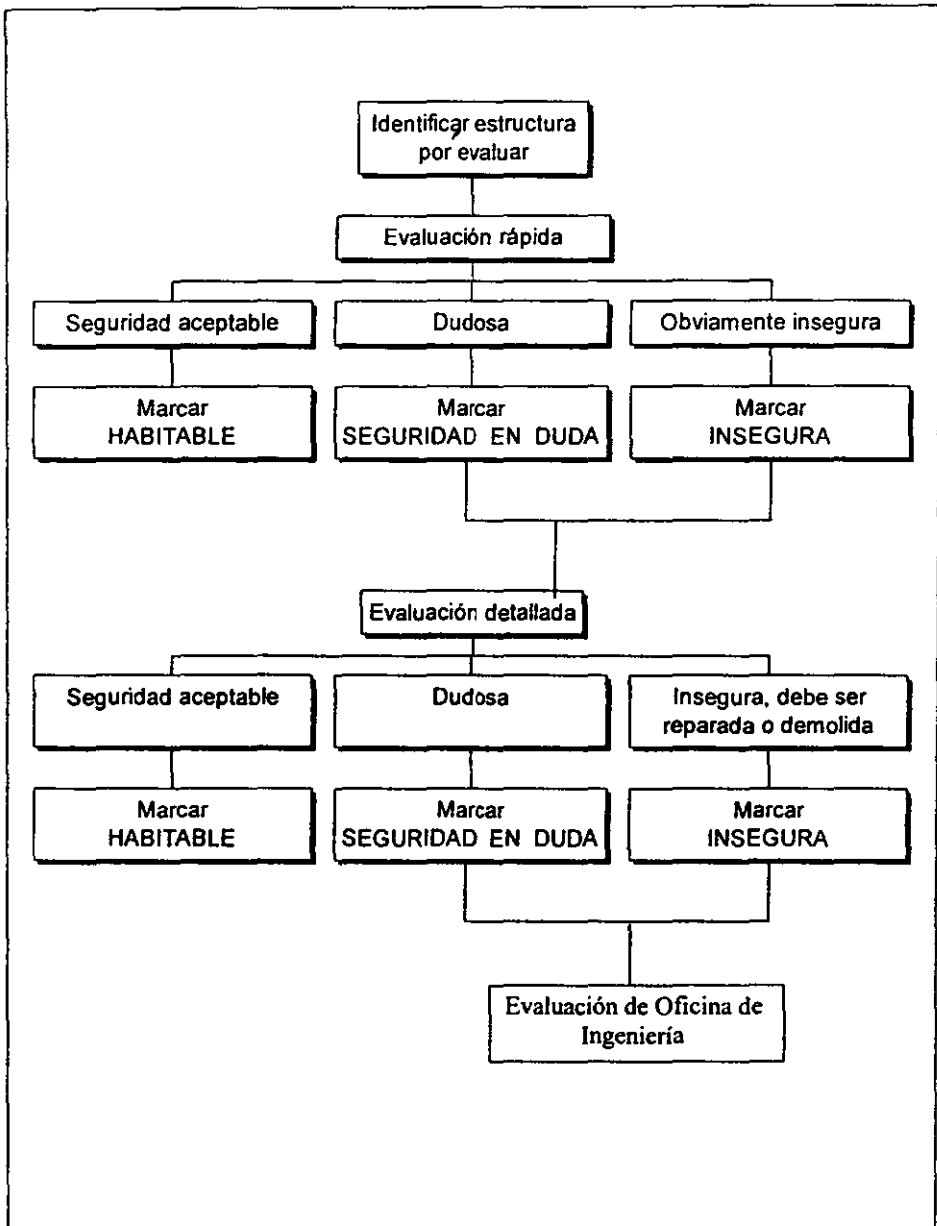
Después de la *Evaluación Detallada* en general cualquier evaluación adicional debe ser realizada por especialistas en estructuras contratados por el propietario. Este tipo de evaluación se identifica como *Evaluación de Oficina de Ingeniería* en la fig. 3.1.

### ***Edificaciones esenciales.***

Todas las edificaciones clasificadas como del grupo A en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, 1993 (RDF-93), deben ser sometidas a *Evaluación Detallada* por parte de ingenieros estructurales, inmediatamente después de ocurrido el terremoto.

El RDF-93 define como edificaciones del Grupo A aquéllas cuya falla estructural podría causar la pérdida de un número elevado de vidas o pérdidas económicas o culturales excepcionalmente altas, o que constituyan un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o explosivas, así como construcciones cuyo funcionamiento es esencial a raíz de una emergencia urbana, como hospitales, escuelas, terminales de transporte, estaciones de bomberos, centrales eléctricas y de telecomunicaciones, estadios, depósitos de sustancias inflamables o tóxicas, museos y edificios que alojen archivos y registros públicos de particular importancia, a juicio del Gobierno del Distrito Federal.

Si el equipo de evaluación rápida encuentra dentro de su zona de evaluación alguna edificación del grupo A, debe proceder a identificarla como tal, dejando un aviso de identificación en ella sin efectuar ningún tipo de revisión. Además, este equipo debe efectuar una lista de edificaciones del grupo A que se hayan identificado en la zona de evaluación y entregar esta lista a las autoridades, las que posteriormente deberán verificar que este tipo de estructuras haya sido evaluado por el procedimiento de *Evaluación Detallada*.



*Fig 3.1 Procedimiento de evaluación postsísmica de edificaciones*

#### 4. CLASIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA EDIFICACIÓN

Uno de los objetivos más importantes de la evaluación de la seguridad estructural es calificar el nivel de seguridad de la estructura, una vez que se le ha inspeccionado, acorde a su uso y funcionamiento. Los resultados de la inspección se asocian a tres niveles de seguridad *Habitable*, *Seguridad en duda e Insegura*.

Además de esta clasificación global de la seguridad de la edificación, es posible que sea necesario señalar ciertas áreas del interior y exterior de la edificación como *Área Insegura*.

Cualquier cambio a estas clasificaciones de seguridad debe ser realizado únicamente por representantes de las autoridades.

En la tabla 4.1 se describen con detalle algunas de las características de la seguridad asociada a cada nivel y se indica la simbología de colores que se debe asociar a cada uno de ellos.

TABLA 4.1 - CLASIFICACIÓN DE USO DE UNA EDIFICACIÓN

CLASIFICACIÓN DE USO (COLOR)	DESCRIPCIÓN
Habitable (Verde)	No se encuentra en peligro aparente. La capacidad original para resistir cargas no presenta disminución significativa. No ofrece peligro para las vidas humanas, se puede ocupar.
Seguridad en duda (Amarillo)	Presenta disminución significativa en su capacidad para resistir cargas. La entrada de propietarios sólo es permitida con fines de emergencia y únicamente bajo su propio riesgo. No se permite uso continuo, ni entrada al público.
Insegura (Rojo)	Alto riesgo, posible derrumbe ante réplicas del temblor principal. La entrada está prohibida. La edificación es insegura para ocupar o entrar excepto por las autoridades.
Área insegura	El área específica designada en este letrero es insegura. No se debe entrar u ocupar, excepto por las autoridades.



## 5. EVALUACIÓN RÁPIDA

### 5.1 Introducción

Su objetivo es la inspección y revisión rápida de edificaciones en una zona de la ciudad previamente determinada. Se emplea para identificar las edificaciones con seguridad aceptable y las que requieren pasar a la *Evaluación Detallada*.

### 5.2 Inspectores

El equipo de evaluación debe estar formado por dos personas relacionadas con aspectos estructurales de la construcción de edificios, como ingenieros civiles o arquitectos, con el fin de poder reconocer con facilidad daños estructurales o situaciones no usuales.

### 5.3 Procedimiento de Evaluación Rápida

El procedimiento de *Evaluación Rápida* se basa en observar las condiciones de daño o aspectos de daño que individual o colectivamente sean suficientes para que la edificación se clasifique como *seguridad en duda* o *insegura*.

Los inspectores deben revisar las evidencias de fallas en la estructura, como derrumbe parcial, inclinación, daño severo en elementos estructurales y no estructurales, así como las condiciones del suelo alrededor de la edificación que podrían llevar a clasificarla como insegura. La revisión de la

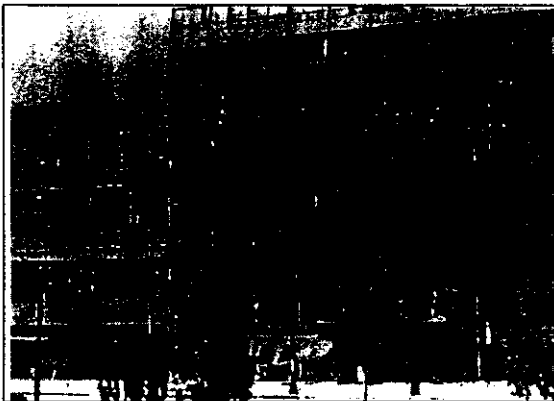
edificación en la mayoría de los casos es exterior con el objeto de reducir el tiempo de ejecución de esta evaluación.

En la tabla 5.1 se indican los criterios básicos con los que se debe revisar la edificación.

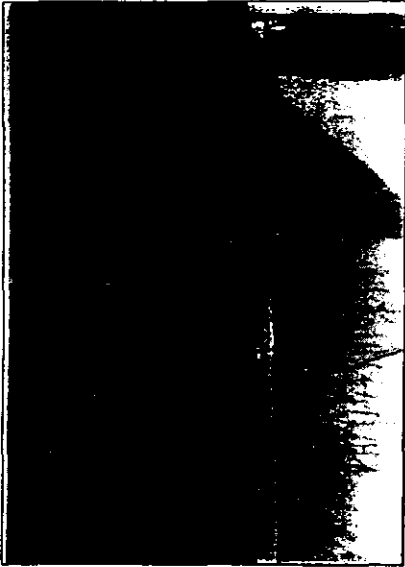
**TABLA 5.1 - CRITERIOS BÁSICOS PARA LA EVALUACIÓN RÁPIDA**

CONDICIÓN	AVISO
1- Derrumbe total o parcial de edificaciones, edificación separada con respecto a su cimentación o falla de ésta. Hundimientos provocados por el sismo.	Insegura
2- La edificación o cualquiera de sus pisos se encuentra apreciablemente inclinada.	Insegura
3- Daños importantes en elementos estructurales (columnas, vigas, muros, losas, etc.).	Insegura
4- Daño severo en muros no estructurales, escaleras o cubos de ascensores.	Insegura
5- Grietas grandes en el terreno, movimiento masivo del suelo.	Insegura
6- Elementos de fachada, vidrios, chimeneas u otros elementos en peligro de caer.	Área insegura.
7- Presencia de otros tipos de riesgo (ej., derrames tóxicos, peligro de contaminación, líneas de gas rotas, líneas de energía caídas).	Área insegura.

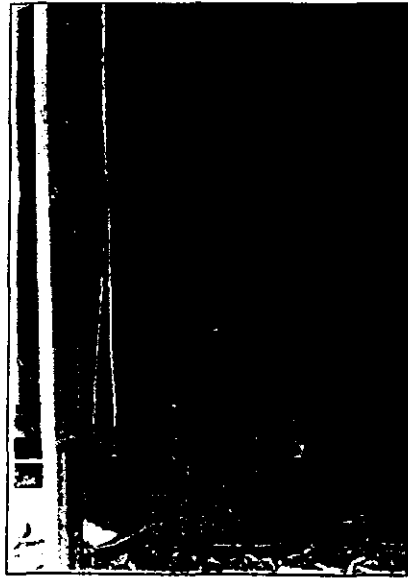
En las fotografías 1 a 7 se presentan algunos casos ilustrativos de los criterios para la *Evaluación Rápida*.



*Foto 1  
Criterio 1. Derrumbe  
total o parcial.*



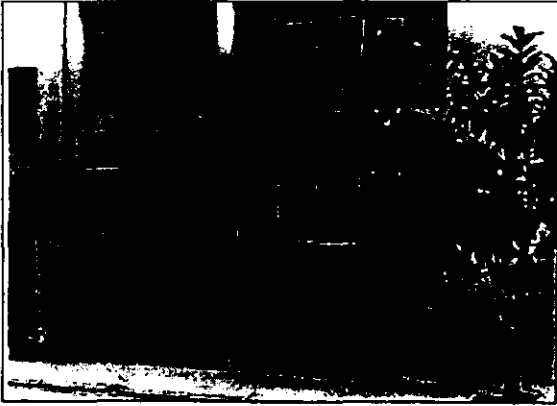
*Foto 2*  
*Edificio desplomado. Criterio 2.*  
*La edificación, o cualquiera de sus*  
*pisos, se encuentra apreciablemente*  
*inclinada.*



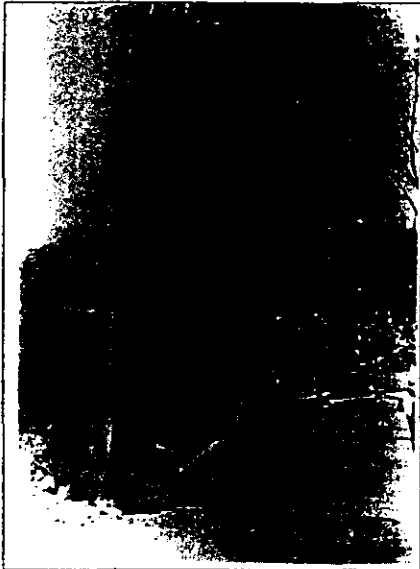
*Foto 3*  
*Criterio 3. Daños en elementos*  
*estructurales (columnas, vigas,*  
*muros, losas, etc.)*



*Foto 4*  
*Criterio 4.*  
*Daño severo en muros*  
*no estructurales.*



*Foto 5*  
*Asentamiento*



*Foto 6*  
*Asentamiento*  
*Grietas en el terreno*

*Criterio 5. Grietas grandes en el terreno, movimiento masivo del suelo (Fotos 5 y 6)*



**Foto 7**

*Criterio 6. Elementos de fachada,  
u otros elementos en peligro de caer.*

#### **5.4 Clasificación del estado de la edificación**

Las edificaciones con seguridad aceptable son clasificadas como *habitables*. Las estructuras que no pueden ser clasificadas claramente dentro de las categorías de *habitables* o *inseguras* se las debe clasificar en la categoría de *seguridad en duda*. Esta se debe emplear cuando existen dudas concernientes a la condición de seguridad estructural existente. En los casos de peligro de caída, volteo de objetos u otros peligros, la zona afectada se debe clasificar como *área insegura*.

Las edificaciones clasificadas con *cuidado* o *inseguras* deben ser sometidas a la evaluación posterior denominada *Evaluación Detallada*. Este requisito y el tipo de inspección necesaria (estructural, geotécnica, eléctrica, otra) deben ser señalados en la forma de inspección.

#### **5.5 Pasos a seguir en la Evaluación Rápida**

Se sugiere la siguiente secuencia en la realización de la inspección:

- 1- Examinar el exterior de la estructura.

2- Observar el suelo alrededor de la estructura, para determinar la posible presencia de grietas, hundimientos, deslizamiento de talud o expansión del terreno.

3- Entrar en la edificación cuando ésta no pueda ser observada adecuadamente desde el exterior, cuando haya dudas o se tenga conocimiento de problemas como caída de cielos rasos, muros o elementos estructurales dañados etc. No se debe entrar en edificaciones obviamente inseguras.

4- Evaluar la estructura de acuerdo con los siete criterios básicos de la tabla 5.1. Se debe recordar que el peligro de derrumbe puede presentarse por el mal estado de edificaciones vecinas. Debe revisarse si las salidas de la edificación son seguras.

5- Llenar la *Forma para inspección postsísmica - Evaluación Rápida* (fig. 5.1). En dicha forma se anota la información básica que ayuda a identificar la edificación que se evalúa, su ubicación, el estado en que se encuentra y las conclusiones de esta evaluación. La *zonificación* propuesta de la ciudad para efectuar la evaluación que se menciona corresponde a la división de la ciudad realizada por las autoridades para ejecutar esta inspección postsísmica.

6- Clasificar la edificación de acuerdo con los resultados de la evaluación. Llenar los avisos para evaluación e indicar en ellos si la revisión fue *exterior* e *interior* o si se realizó en el *exterior* únicamente (figs. 5.2 a 5.4). Colocar avisos de resultados de la evaluación en cada una de las entradas.

7- En su caso explicar verbalmente el significado de *seguridad en duda* e *insegura* a los ocupantes de la edificación y avisar que deben desocuparla inmediatamente. También se debe restringir el acceso a las áreas designadas como inseguras, colocando algún tipo de barreras, por ejemplo cintas de algún color vivo que lleven la inscripción *PELIGRO*.

## Forma para inspección postsísmica. Evaluación rápida.

### Identificación del edificio

Zonificación propuesta de la ciudad para efectuar la evaluación \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Colonia: \_\_\_\_\_

Número de niveles sobre el terreno (incluyendo azoteas y mezanines) \_\_\_\_\_

Sótanos Si  No  Núm \_\_\_\_\_ Desconocido

Uso Casa habitación  Departamentos  Comercios  Oficinas públicas

Oficinas privadas  Industrias  Estacionamientos  Bodegas

Educación  Recreativo  Otro: \_\_\_\_\_

Información adicional \_\_\_\_\_

### Instrucciones

Revisar la edificación para las condiciones señaladas abajo. Con un *Si* a cualesquiera de las preguntas 1,2,3,4,5, marcar la edificación como *Insegura*. Con un *Si* a las preguntas 6 o 7 marcar *Área Insegura* y colocar barreras alrededor de la zona en peligro. Si en esta evaluación existen dudas se debe marcar *Seguridad en duda*.

### Estado de la edificación

	Si	No	Existen dudas
1.- Derrumbe total o parcial, edificación separada de su cimentación o falla de ésta. Hundimiento.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.- Inclineración notoria de la edificación o de algún entrepiso	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.- Daño en miembros estructurales (columnas, vigas, muros, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.- Daño severo en muros no estructurales, escaleras, etc.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5.- Grietas, movimiento del suelo o deslizamiento de talud	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6.- Pretiles, balcones ú otros elementos en peligro de caer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7.- Otros peligros (derrames tóxicos, líneas rotas, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fig. 5.1 Forma para evaluación rápida

<b>Clasificación global</b>	
<b>Habitable</b>	<input type="radio"/>
Inspección exterior únicamente	<input type="radio"/>
Inspección interior y exterior	<input type="radio"/>
<b>Seguridad en duda</b>	<input type="radio"/>
<b>Insegura</b>	<input type="radio"/>
<b>Inspectores (Indicar profesión)</b>	
1.-	_____
2.-	_____
3.-	_____
<b>Fecha de inspección</b>	_____
<b>Recomendaciones</b>	
<input type="radio"/> No se requiere revisión futura	
<input type="radio"/> Es necesaria evaluación detallada (señalar) Estructural <input type="radio"/> Geotécnica <input type="radio"/> Otra _____	
_____	
<input type="radio"/> Área insegura (colocar barreras en las siguientes áreas) _____	
_____	
<input type="radio"/> Otros (remover elementos en peligro de caer, apuntalar, etc.) _____	
_____	
<b>Comentarios</b>	
Explicar los motivos principales de la clasificación _____	
_____	

*Fig. 5.1 Forma para evaluación rápida (continuación)*



## H A B I T A B L E

(Evaluación rápida)

Esta edificación ha sido inspeccionada y se puede ocupar. Favor de informar a las autoridades cualquier condición insegura.

Comentarios: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Inspectores: \_\_\_\_\_

Se efectuó revisión en el interior    Sí     No     Fecha \_\_\_\_\_

*Fig. 5.2 Aviso de "Habitable" para evaluación rápida*

## S E G U R I D A D   E N   D U D A

(Evaluación rápida)

Esta edificación se encuentra dañada y su seguridad está en duda. Prohibida la entrada a personas no autorizadas. Entre únicamente por emergencia y bajo su propio riesgo.

Comentarios: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Inspectores: \_\_\_\_\_

Se efectuó revisión en el interior    Sí     No     Fecha \_\_\_\_\_

*Fig. 5.3 Aviso de "Seguridad en duda" para evaluación rápida*

# I N S E G U R A

(Evaluación rápida)

Esta edificación se encuentra seriamente dañada; es insegura. Peligro de lesiones o muerte. No entrar u ocupar.

Comentarios: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Inspectores: \_\_\_\_\_

Se efectuó revisión en el interior   Sí    No    Fecha \_\_\_\_\_

*Fig. 5.4 Aviso de "Insegura" para evaluación rápida*

## **6.- EVALUACION DETALLADA**

### ***6.1 Introducción***

Este procedimiento tiene como objetivo evaluar con una aproximación razonable y en un tiempo corto la seguridad de edificaciones clasificadas como *seguridad en duda* o *insegura* en la *Evaluación Rápida*. Se debe emplear como primera evaluación en inmuebles del grupo A.

En las secciones 6.1 y 6.2 de este capítulo se hacen algunos comentarios sobre los objetivos e inspectores respectivamente, relacionados con esta forma de evaluación. En las secciones 6.3 a 6.6 se describen los criterios, aspectos típicos y pasos a seguir en la evaluación detallada, que son aplicables a diferentes sistemas estructurales, independientemente del tipo de material de éstos. En las secciones 6.6 a 6.10 se dan recomendaciones para la revisión detallada de sistemas estructurales y partes de éstos, que dependen del tipo de material estructural empleado.

Esta evaluación da sólo una clasificación no definitiva de la seguridad postsísmica de la edificación; por tanto, en la evaluación se debe tener en cuenta que es indeseable provocar problemas innecesarios al dictaminar la evacuación de ocupantes de edificaciones con daños menores. Por otro lado, es importante evitar exponerlos a riesgos innecesarios.

## **6.2 Inspectores**

Se debe realizar la evaluación con un equipo de dos ingenieros civiles, en el que al menos uno debe ser especialista en estructuras, con experiencia en diseño estructural y comportamiento sísmico de edificaciones. El experto en estructuras debe estar familiarizado con el diseño de edificaciones similares a la inspeccionada. En el caso del Distrito Federal y algunos Estados este experto será el Corresponsable en Seguridad Estructural debidamente acreditado.

Para edificaciones con problemas en el suelo de cimentación, tales como fallas de taludes, asentamientos diferenciales u otros movimientos del suelo, el procedimiento de *Evaluación Detallada* debe ser realizado por un equipo que incluya un ingeniero especialista en geotecnia.

## **6.3 Criterios y procedimiento para la Evaluación Detallada**

La evaluación consiste en examinar detalladamente la edificación, en el interior y exterior, en particular su sistema estructural. Con la *Evaluación Detallada* se pretende establecer si existe la posibilidad de derrumbe estructural o peligro de caída de elementos estructurales o no estructurales. Durante la inspección detallada, debe contemplarse que en algunos casos el peligro proviene de agentes externos a la estructura, como es el caso de edificaciones vecinas, fugas de gas, líneas de energía eléctrica caídas, etc.

La experiencia es esencial en la evaluación de edificios dañados. No todas las situaciones peligrosas están cubiertas por las guías y procedimientos que proporciona este manual. En situaciones en que no se dé una guía de evaluación, o esta no sea apropiada para la situación, será necesario el juicio y experiencia del equipo de evaluación u obtener ayuda adicional.

## **6.4 Criterios de clasificación**

Los siguientes criterios amplían la clasificación de uso dada en la tabla 4.1 para el caso de la evaluación detallada.

***Habitable***

Esta clasificación indica que no existen restricciones para el uso de la estructura. Para que esté dentro de esta clasificación deben satisfacerse las siguientes condiciones:

- 1- El sistema resistente a cargas verticales no presenta reducción significativa en su capacidad y no existe inestabilidad potencial.
- 2- La capacidad para resistir cargas laterales no presenta disminución significativa.
- 3- No hay peligros de falla o caída de objetos, a menos que éstos se encuentren adecuadamente marcados y con barreras (*Área insegura*).
- 4- No existe evidencia de daños importantes de la subestructura o asentamiento del terreno.
- 5- Las escaleras y salidas principales son accesibles y se encuentran en servicio.
- 6- No existe condición aparente de inseguridad.

***Seguridad en duda***

Una estructura cae dentro de esta clasificación si se encuentra en alguna de las situaciones siguientes:

- 1- Existen dudas serias acerca de la seguridad estructural que únicamente pueden ser resueltas por medio de una *Evaluación de Oficina de Ingeniería*.
- 2- Hay incertidumbre acerca de la posibilidad de daños adicionales por peligros geotécnicos (ejemplo: hundimientos, deslizamiento de talud).
- 3- Existe incertidumbre acerca de la presencia de otros peligros (ejemplo: posibles líneas de gas rotas o liberación de material tóxico).

4- Daños no estructurales notorios y extendidos, en particular pero no limitando a la ruta de evacuación.

### ***Insegura***

Una estructura cae en esta clasificación cuando se encuentra en alguna de las situaciones siguientes:

- 1- Es obviamente insegura.
- 2- Por la extensión de daños es posible el derrumbe por la propia carga gravitacional o por réplicas del terremoto.
- 3- Presencia de otra condición insegura (Ejemplo: líneas de electricidad caídas, deslizamientos de talud, entre otros).

### ***6.5 Pasos a seguir en la Evaluación Detallada***

Para examinar detalladamente la edificación dañada, en su exterior e interior, se debe seguir los pasos que se describen a continuación.

#### **Paso 1 - Examinar la edificación desde el exterior**

Empezar por examinar el exterior de la edificación.

Llenar la forma para inspección postsísmica correspondiente a la *Evaluación Detallada* con las descripciones de la edificación y de la estructura. Esta forma se muestra en la fig. 6.1.

La *zonificación* propuesta de la ciudad para efectuar la evaluación que se menciona en la forma, corresponde a la división de la ciudad propuesta por las autoridades para la evaluación de emergencia que propone este Manual. La época de construcción es un

aspecto usualmente asociado al tipo de estructura, su ductilidad y la calidad de la construcción. El propósito de la clasificación de uso es identificar si en el pasado ha habido modificaciones en las cargas originales de diseño por el cambio de uso en la edificación.

En el inciso denominado *Información Adicional* se debe indicar cualquier otro aspecto que ayude a identificar a la edificación, (ej: nombre de la edificación, propietario, dependencia que tiene su sede en la edificación, entre otros).

***Examinar si existen discontinuidades verticales.*** Estas son partes de la estructura donde ocurren cambios bruscos de rigidez tales como primer piso débil, edificios irregulares en elevación, etc. La experiencia de terremotos anteriores muestra que el daño se concentra frecuentemente en esos lugares. En la fig. 6.2 y la tabla 6.1 se señalan algunas irregularidades verticales típicas y defectos de estructuración.

***Examinar si la estructura tiene configuración irregular en planta.*** De manera análoga al caso de discontinuidades verticales, dichas irregularidades tienden a ocasionar daño. En la fig. 6.3 y en la tabla 6.2 se dan algunas sugerencias y ayudas para evaluar este tipo de irregularidad estructural.

Examinar el daño en elementos no estructurales como muros, pretilas, balcones, anuncios, antes de entrar en la edificación.

Estimar la época en que se construyó la edificación. Se debe tratar de averiguar si la estructura fue construida antes de 1957, en el periodo 1957 - 1985 o después de 1985.

## **Paso 2 - Examinar el sitio de la edificación por posibles peligros geotécnicos**

Esta actividad se puede realizar empleando los criterios que se desarrollan en la sección 6.6.

### **Paso 3 - Examinar el sistema estructural desde el interior**

Antes de entrar, se deben examinar los elementos en peligro de caer y considerar el peligro de derrumbe de la edificación. No se debe entrar en edificaciones obviamente inseguras.

Se sugiere examinar en el interior de la edificación los elementos expuestos del sistema de cimentación, para averiguar la posible existencia de daños estructurales, fracturas y asentamientos diferenciales. Asimismo se deben examinar los pisos y paredes para inspeccionar posibles grietas y expansiones del terreno. Observar la posible ocurrencia de inundación del sótano.

Generalmente el sistema estructural se encuentra oculto por elementos divisorios, de recubrimiento u otros elementos arquitectónicos. En los casos en que estos elementos impidan observar el sistema estructural para permitir una evaluación confiable, se debe solicitar al propietario la aprobación para que sean removidos. Debe examinarse cada piso así como sótanos, escaleras, cuartos de máquinas y otras áreas que por estar generalmente expuestas permiten observar claramente el sistema estructural.

Se recomienda examinar el sistema estructural resistente a cargas verticales. Se debe tratar de detectar situaciones que muestren evidencias de daños en columnas, losas, vigas y en muros.

Se sugiere verificar el sistema resistente a cargas horizontales. Cualquier desplazamiento residual de entrepiso es evidencia de la existencia de algún daño estructural.

Evaluar el grado de daño estructural de la edificación, para lo cual se debe seleccionar el entrepiso más dañado en una de las dos direcciones principales. Se deben evaluar por separado columnas, vigas, muros exteriores e interiores, losas planas y contraventeos y calcular los porcentajes de elementos con grados de daño denominados IV y V. Los criterios para definir grados de daño I a V en estructuras de concreto, acero y mampostería se definen en las secciones respectivas dedicadas a estructuras fabricadas con estos materiales.



En los casos de marcos, independientemente de que los mayores daños ocurran en columnas o vigas, el porcentaje de daños mencionado anteriormente se debe relacionar siempre con el número total de columnas (exteriores o interiores) del entrepiso en estudio.

En estructuras híbridas, como marcos ligados a muros de tabique o con muros de concreto, se deben considerar ambos tipos de sistemas estructurales, siempre y cuando en el caso de marcos con muros de relleno se verifique que éstos se construyeron ligados a los marcos.

Examinar si existen reparaciones de la estructura por sismos anteriores e indicar el tipo de reparación. Ejemplo: encamisado de concreto reforzado y/o acero estructural, adición de elementos de contraventeo de acero estructural, adición de muros de concreto y/o tabique, entre otros.

Las consideraciones anteriores son aplicables a cualquier tipo de estructura. Para mayores detalles en la evaluación detallada desde el interior se deberán revisar las secciones 6.7, 6.8 y 6.9 correspondientes a estructuras de concreto, acero y mampostería, respectivamente.

#### **Paso 4 - Examinar la seguridad de elementos no-estructurales**

Esta actividad se puede realizar empleando los criterios que se desarrollan en la sección 6.10.

#### **Paso 5 - Examinar la presencia de otros peligros**

Observar si existe la presencia de derrames, escape de gases tóxicos u otros materiales peligrosos.

Examinar los elevadores para verificar su buen funcionamiento.

Examinar las escaleras y las salidas de emergencia, para averiguar la posible existencia de obstrucciones a salidas.

## Paso 6 - Completar la forma de inspección.

El paso final de esta evaluación es completar la forma de inspección postsísmica con los resultados correspondientes a la dirección más dañada.

Las clasificaciones de daño que se consideran en esta evaluación son: *A (aceptable)*, *B (intermedio)* y *C (alto)*, las cuales corresponden a los casos de inclinación, emersión, asentamiento y miembros estructurales. Los criterios para determinar el grado de daño son descritos en las secciones 6.6, 6.7, 6.8 y 6.9 respectivamente. Con esta clasificación se debe proceder a definir la clasificación de seguridad de la estructura de acuerdo con los criterios que se describen a continuación.

***Insegura.*** Una edificación a la que, después de evaluar el terreno y cimentación, asentamiento, inclinación y daños de miembros estructurales, se le asignaron dos o más clasificaciones de daño C o cuatro o más clasificaciones de daño B.

***Seguridad en duda.*** Una edificación a la que se le asignó como máximo una clasificación de daño C o tres clasificaciones de daño B. También los casos de estructuras a base de marcos que clasificarían como *habitables*, pero que tienen al menos una columna con grado de daño V, como se comenta en las secciones 6.7 y 6.8.

***Habitable.*** Una edificación que no correspondió a las clasificaciones anteriores de *insegura* y *seguridad en duda*.

Una vez clasificada la estructura, debe colocarse el aviso respectivo en cada entrada de la edificación de acuerdo con los resultados de la evaluación (figs. 6.4, 6.5 y 6.6).

Explicar verbalmente a los ocupantes del edificio el significado de *seguridad en duda* e *insegura*. Las áreas designadas como *área insegura* también deben ser desocupadas.

Señalar, si es necesario, el apuntalamiento o alguna otra recomendación. Las recomendaciones de emergencia del equipo de inspección tienen como uno de sus objetivos eliminar los peligros locales, principalmente producidos por elementos no estructurales, con el propósito de hacer posible el uso de la edificación a sus ocupantes, así como proteger a peatones y al público en general del peligro de derrumbes o caída de objetos.

Indicar en los comentarios los motivos principales de la clasificación y resumir en ellos las causas más probables del daño existente.

Es importante tomar fotografías de los daños con el objeto de completar datos y evidencia, debido a que ésta puede desaparecer en un corto tiempo.

**FORMA PARA INSPECCIÓN POSTSÍSMICA. EVALUACIÓN DETALLADA.****1. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN**

Dirección \_\_\_\_\_

Colonia \_\_\_\_\_

Zonificación propuesta de la ciudad para efectuar la evaluación \_\_\_\_\_

• **Posición del edificio en la manzana**Esquina  Medio  Libre • **Época de construcción**Antes de 1957  1957-1985  1985- • **Área total del edificio (m<sup>2</sup>), todos los niveles** \_\_\_\_\_• **Número de niveles sobre el terreno (incluyendo azotea y mezanines)** \_\_\_\_\_

Sótanos \_\_\_\_\_ Mezanines \_\_\_\_\_ Apéndices \_\_\_\_\_

• **Tipo de terreno**Zona de lago  Transición  Lomas • **Uso principal**Casa habitación  Departamentos  Comercios  Oficinas públicas Oficinas privadas  Industrias  Estacionamientos  Bodegas Educación  Recreativo  Salud y protección social 

Otro \_\_\_\_\_

• **Información adicional** \_\_\_\_\_

(En la hoja final dibujar planta con grados de daño y algún otro croquis de interés.)

**2. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LA CIMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA**• **Tipo de cimentación**

Zapatas

Corridas  Aisladas 

Pilotes

De punta con control  De punta sin control  De fricción 

Material de fabricación

Madera  Concreto  Acero 

Pila de cimentación

Con campana  Sin campana • **Condiciones de la cimentación**

Cajón inundado (tirante de agua) \_\_\_\_\_

Daños en pilotes de control, desplazamiento entre cabeza y marco de carga \_\_\_\_\_

	Nivel de riesgo		
	A	B	C
	ACEPTABLE	INTERMEDIO	ALTO
- Inclinación notoria de la edificación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- Grietas en el suelo o desplazamientos en muros de contención	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- Emersión del edificio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- Hundimiento del edificio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA**• **Material de la estructura**

• Concreto reforzado

Colado en el lugar Prefabricado • Acero 

• Mampostería

Ladrillo hueco Concreto • Madera Ladrillo sólido 

Otro \_\_\_\_\_

• Otro \_\_\_\_\_

*Fig. 6.1 Forma para evaluación detallada*

- **Sistema estructural**  
 Marcos  Marcos con muros de concreto  Marcos contraventados   
 Marcos con muros de relleno de tabique  Marcos de concreto   
 Losa plana reticular, columnas  Mampostería reforzada   
 Muros de tabique sin reforzar, con castillos y dadas  Otro \_\_\_\_\_
  - **Sistemas de piso**  
 Losa maciza con traveses  Losa plana  Prefabricado  Otro \_\_\_\_\_  
 Losa plana reticular  No se sabe  Tipo \_\_\_\_\_
  - **Estructura de techo (En caso de estructura especial)**  
 Acero  Concreto reforzado  Madera  Otro \_\_\_\_\_
  - **Regularidad en planta** Buena  Intermedia  Mala
  - **Regularidad vertical** Buena  Intermedia  Mala
- En casos de clasificación "mala", indicar en los comentarios (hoja final) las características asociadas a esta clasificación (tablas 6.1 y 6.2)
- **Daños previos por sismos** Si  Año \_\_\_\_\_ No  No se sabe
  - **Reparaciones anteriores** Si  Año \_\_\_\_\_ No  No se sabe
- Tipo de reparación \_\_\_\_\_
- **Pérdidas humanas (Muertos/heridos)** Si  No  No se sabe
  - Si existen datos  Número de muertos \_\_\_\_\_ Número de heridos \_\_\_\_\_
- 4. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA DE CONCRETO O MAMPOSTERÍA**
- **Daño de miembros estructurales en el entrepiso** Núm. \_\_\_\_\_ (En el entrepiso y en la dirección más dañada)
  - **Daño exterior**  
 a) Estructuras a base de marcos, losa plana reticular o muro-marco  
 Número total de columnas exteriores \_\_\_\_\_  
 Relación en el número de columnas (o vigas) con grado de daño entre el número de columnas exteriores.  
 Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%   
 Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%   
 Daños en muros en estructuras muro-marco  
 Longitud total de muros exteriores (m) \_\_\_\_\_  
 Relación de la longitud de muros exteriores con grado de daño entre la longitud total  
 Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%   
 Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%
  - b) Estructura a base de muros  
 Longitud total de muros exteriores (m) \_\_\_\_\_  
 Espesor típico de muros (cm) \_\_\_\_\_  
 Relación de la longitud de muros exteriores con grado de daño entre la longitud total  
 Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%   
 Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%
  - **Daño interior**  
 c) Estructuras a base de marcos, losa plana reticular o muro-marco  
 Número total de columnas interiores \_\_\_\_\_  
 Relación del número de columnas (o vigas) con grado de daño entre el número de columnas interiores  
 Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%   
 Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%   
 Daños en muros en estructuras muro-marco  
 Longitud total de muros interiores (m) \_\_\_\_\_  
 Relación de la longitud de muros interiores con grado de daño entre la longitud total  
 Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%   
 Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%

Fig. 6.1 Forma para evaluación detallada (continuación)

d) Estructura a base de muros

Longitud total de muros interiores (m) \_\_\_\_\_

Espesor típico de muros (cm) \_\_\_\_\_

Relación de la longitud de muros interiores con grados de daño entre la longitud total

Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%

Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%

5.- EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA DE ACERO

• Daño de miembros estructurales en el entrepiso Núm \_\_\_\_\_ (En el entrepiso y en la dirección más dañada)

• Daño exterior

a) Estructuras a base de marcos

Número total de columnas exteriores \_\_\_\_\_

Relación en el número de columnas o vigas o conexiones con grado de daño entre el número de columnas exteriores.

Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%

Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%

• Daño interior

c) Estructuras a base de marcos

Número total de columnas interiores \_\_\_\_\_

Relación del número de columnas o vigas o conexiones con grado de daño entre el número de columnas interiores

Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%

Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%

A B C  
Aceptable Intermedio Alto

Corrosión y/o oxidación de elementos estructurales

**CLASIFICACIÓN**

	Evaluación Rápida Si <input type="radio"/> No <input type="radio"/>	Evaluación Detallada	INSPECTORES
Habitable	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1.- _____
Cuidado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2.- _____
Insegura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3.- _____
(Ver manual para esta clasificación)			FECHA DE INSPECCIÓN _____

6. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

	Nivel de riesgo		
	A Aceptable	B Intermedio	C Alto
Exterior			
Vidrios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Torres de anuncios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acabados de fachadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Balcones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pretilos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tanques elevados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Otros _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fig. 6.1 Forma para evaluación detallada (continuación)

	Nivel de riesgo		
	A Aceptable	B Intermedio	C Alto
Interior			
Muros divisorios o particiones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cielos rasos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lámparas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Escaleras	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Elevadores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Instalaciones (gas, eléctrica, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Derrames tóxicos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Recomendaciones</b>			
Area insegura. Colocar barreras en las siguientes áreas _____			
Otros (remover los elementos en peligro de caer, apuntalar, etc.) _____			
Fotografías <span style="margin-left: 100px;">Si <input type="radio"/></span> <span style="margin-left: 50px;">No <input type="radio"/></span>			
<b>Comentarios</b>			
Explicar los motivos principales de la clasificación y posibles causas del daño. Indicar si los daños fueron más importantes en columnas, vigas o losas planas.			
<b>ESQUEMA</b>			

Fig. 6.1 Forma para evaluación detallada (continuación)

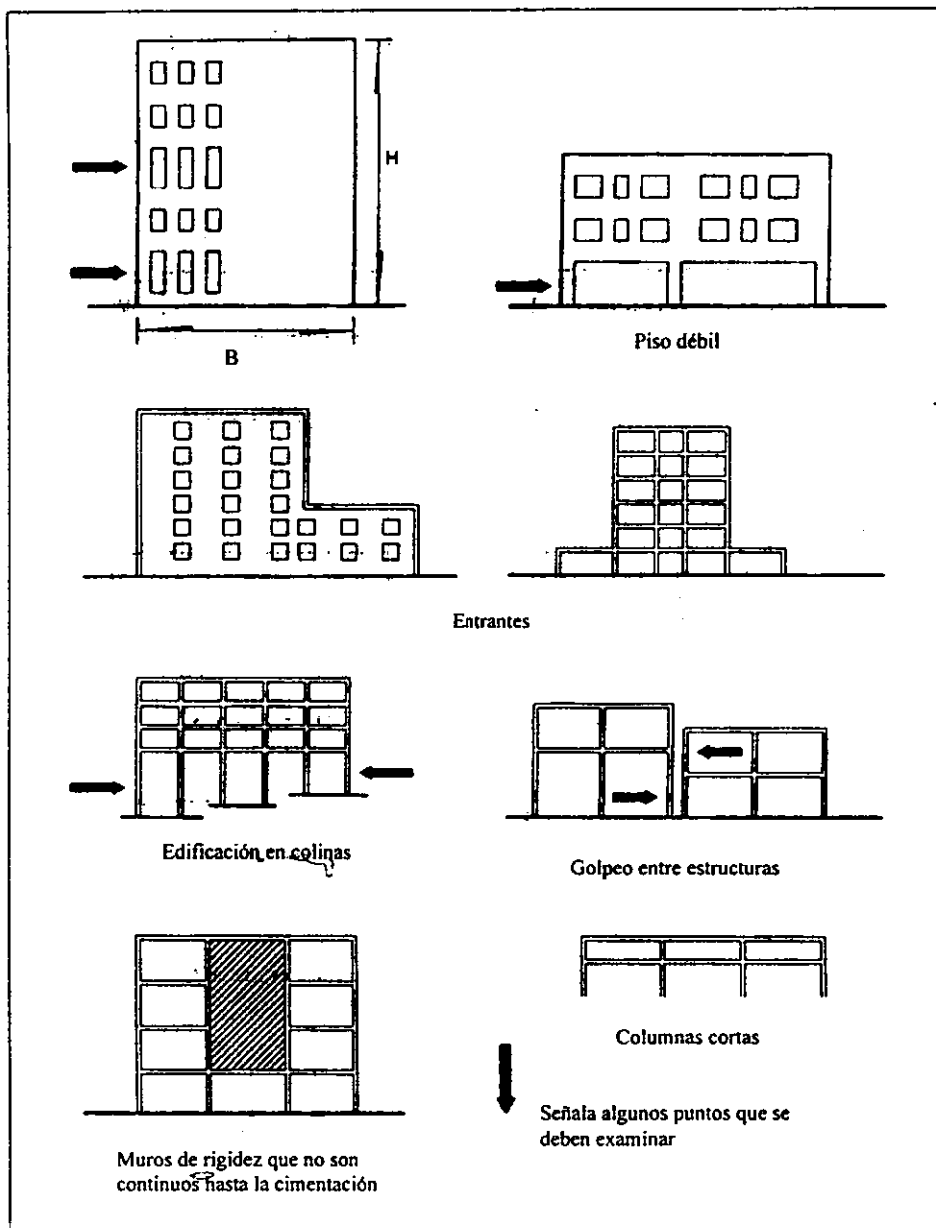


Fig. 6.2 Irregularidades verticales típicas y defectos de estructuración



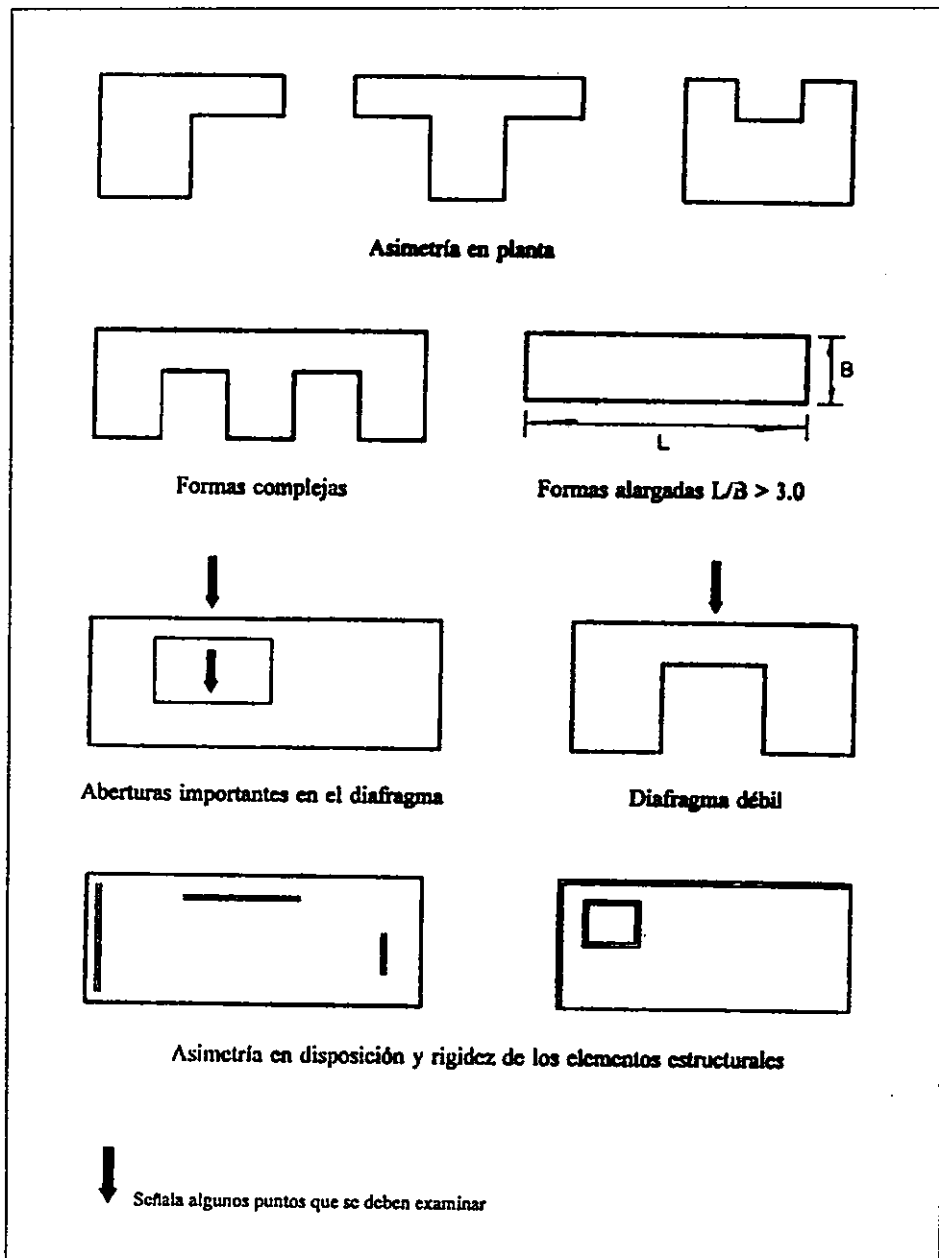


Fig. 6.3 Irregularidades en planta

TABLA 6.1- CRITERIOS PARA EVALUAR LA REGULARIDAD VERTICAL.

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Buena	$IE^* < 2.5$ y no tiene alguna condición correspondiente a la clasificación de mala.
Intermedia	Cae entre la clasificación buena y mala.
Mala	$IE^* > 4$ Existencia de marcos y muros de rigidez que no son continuos hasta la cimentación. Presencia de columnas cortas. Presencia de piso débil. Algún piso tiene un área delimitada por los paños exteriores de sus elementos resistentes verticales, mayor que la del piso inmediato inferior, o menor que 70% de ésta (se excluye de este criterio al último piso de la edificación).

\* IE = Índice de esbeltez: Relación entre la altura de la edificación (H) y la dimensión menor de la base (B) (ver fig. 6.2).

TABLA 6.2 - CRITERIOS PARA EVALUAR LA REGULARIDAD EN PLANTA

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Buena	La distribución de masas con respecto a dos ejes ortogonales es aproximadamente simétrica en planta, así como muros y otros elementos resistentes. No tiene alguna condición correspondiente a la clasificación de mala.
Intermedia	Cae entre la clasificación buena y mala.
Mala	En planta tiene entrantes y salientes cuya dimensión excede del 30% de la dimensión de la planta, medida paralelamente a la dirección que se considera de la entrante o saliente. Aberturas en el diafragma mayores del 30% del área del piso. La relación largo a ancho de la base excede de 3.

## H A B I T A B L E

(Evaluación detallada)

Esta edificación ha sido inspeccionada y se puede ocupar. Favor de informar a las autoridades cualquier condición insegura.

Comentarios: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Inspectores: \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

*Fig. 6.4 Aviso de "Habitabile" para evaluación detallada.*

## S E G U R I D A D   E N   D U D A

(Evaluación detallada)

Esta edificación se encuentra dañada y su seguridad está en duda. Prohibida la entrada a personas no autorizadas. Entre únicamente por emergencia y bajo su propio riesgo.

Comentarios: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Inspectores: \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

*Fig. 6.5 Aviso de "Seguridad en duda" para evaluación detallada.*

<p style="text-align: center;"><b>I N S E G U R A</b> (Evaluación detallada)</p> <p>Esta edificación se encuentra seriamente dañada; es insegura. Peligro de lesiones o muerte. No entrar u ocupar.</p> <p>Comentarios: _____</p> <p>_____</p> <p>Dirección: _____</p> <p>Inspectores: _____</p> <p style="text-align: right;">Fecha _____</p>
--

*Fig. 6.6 Aviso de "Insegura" para evaluación detallada*

## **6.6 Evaluación detallada en cimentaciones**

### **6.6.1.- Generalidades**

La evaluación postsísmica en cimentaciones se debe realizar cuando existan indicios de falla en ésta, de preferencia por un especialista en geotecnia pues existen situaciones que quedan fuera del alcance del ingeniero estructurista.

### **6.6.2.- Información relevante para efectuar la evaluación postsísmica en cimentaciones**

El primer paso de esta evaluación es ubicar el predio para conocer la zona geotécnica en donde se encuentra la estructura, lo cual se hará con la información de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones del D.F.. Con esta ubicación será factible conocer el tipo de suelo donde se encuentra localizada la edificación, ya que es un factor que durante terremotos influye en la magnitud de los daños, particularmente en las edificaciones localizadas en la zona del antiguo lago de la Ciudad de México.

Al llegar al lugar donde se encuentra ubicado el inmueble se deberá observar el estado físico de las estructuras superficiales como pavimentos, banquetas, guarniciones, etc, con el objeto de identificar zonas dañadas por el sismo. Se deberá revisar si el sismo provocó un asentamiento brusco en la estructura o en sus colindancias, así como incrementos de asentamientos diferenciales o emersiones respecto al estado previo a la ocurrencia del sismo. Se recomienda observar desde una acera opuesta a cada fachada si el inmueble presenta desplome en forma ortogonal y en cada una de las cuatro esquinas que delimitan la azotea. Se puede recurrir a la colocación de una plomada en forma manual.

Se recomienda revisar que el uso del inmueble corresponda con lo proyectado y que la distribución de cargas no provoque una excentricidad que conduzca a un mal funcionamiento de la cimentación. Se observará que al nivel de la cimentación no hallan ocurrido choques de elementos de cimentación, así como si existe continuidad entre los elementos de la cimentación y la estructura. Es importante tratar de identificar el tipo de cimentación mediante documentos de archivo o por testimonio del propietario.

Se deberá tomar en cuenta el comportamiento de la estructura en sismos intensos ocurridos con anterioridad, principalmente el de 1985 ya que es de importancia saber si el edificio ha sido recimentado, cuáles fueron las causas y los resultados que se han obtenido. Además, se recomienda identificar la geometría de la cimentación y principales aspectos constructivos de esta. En caso de existir recimentaciones, se deberá distinguir la cimentación original.

Una vez obtenida la información anterior se procederá a realizar la inspección general del sitio teniendo en cuenta lo siguiente: en suelos blandos se deberán identificar los efectos generales y locales del hundimiento regional. Si se trata de un suelo de transición se deberá identificar si existe un hundimiento diferencial marcado, ya sea general o local por la presencia de promontorios de terreno firme o poca profundidad. En suelos de lomas se deberá identificar la presencia de cavernas, ya sea por la ubicación de bocaminas o por afloración a la superficie, también será de importancia considerar las zonas de rellenos, especialmente los de espesor considerable y cualquier tipo de afectación realizada por el hombre que pueda repercutir en la cimentación.

El grado de los daños por inclinación, asentamiento y emersión se describirá por medio de tres categorías básicas de riesgo: *A (aceptable)*, *B (intermedio)* y *C (alto)*.

En el caso de la máxima inclinación de la edificación, el daño se evaluará con base en los valores de  $a$ . Este parámetro se define como:

$$a = 100 / (100 + 3H)$$

donde  $H$  es la altura del edificio en metros.

El grado de daño considerando la inclinación,  $a$  (desplome entre altura total), se define como:

% inclinación $\leq a$	$\implies$	Clasificación A
$a < \%$ inclinación $\leq 1.5 a$	$\implies$	Clasificación B
% inclinación $> 1.5 a$	$\implies$	Clasificación C

La presencia de agrietamientos en muros exteriores, marcos de ventanas, entre otros, puede indicar desplazamientos excesivos de entrepiso.

En lo que se refiere al asentamiento **S** o emersión **E**, se evaluará el daño de acuerdo al valor medio de éstos. En el caso de edificaciones colindantes se debe considerar lo siguiente:

Asentamiento (S)	$S \leq 10 \text{ cm}$	$\implies$	Clasificación A
	$10 \text{ cm} < S \leq 20 \text{ cm}$	$\implies$	Clasificación B
	$S > 20 \text{ cm}$	$\implies$	Clasificación C
Emersión (E)	$E \leq 20 \text{ cm}$	$\implies$	Clasificación A
	$20 \text{ cm} < E \leq 30 \text{ cm}$	$\implies$	Clasificación B
	$E > 30 \text{ cm}$	$\implies$	Clasificación C

En construcciones aisladas se sugiere tomar como valores límite de asentamiento los propuestos en el caso de emersión.

En zonas de ladera, se recomienda examinar el área para averiguar la existencia de posibles deslizamientos de talud.

Los edificios localizados en un área donde existen peligros geotécnicos, deberán ser clasificados como inseguro o cuidado.

Cuando existan sospechas acerca de peligros geotécnicos o la estabilidad del suelo no sea clara, se debe efectuar la *Evaluación Detallada* con un equipo de inspección que incluya un ingeniero especialista en geotecnia. Se debe mencionar que los valores límite que aquí se sugieren para evaluar el asentamiento o emersión de una edificación deben emplearse principalmente para evaluar edificaciones situadas en la zona III de la clasificación del RDF-93. En los casos de construcciones con problemas geotécnicos situadas en las zonas I y II se deben utilizar, a juicio del especialista en geotecnia, valores diferentes a los anteriormente mencionados.

## **6.7.- Evaluación detallada de estructuras de concreto**

### **6.7.1 Generalidades**

Es común que la gente asocie los efectos sísmicos a cualquier tipo de agrietamiento que observe en estructuras de concreto reforzado, sin considerar que en toda estructura de este tipo es altamente probable que ocurran agrietamientos causados por factores que no tienen que ver con los sismos, como agrietamiento por estado de servicio ante cargas gravitacionales, contracción del concreto, hundimientos diferenciales, intemperismo, etc. Por esta razón cuando existen dudas en la evaluación detallada después de un sismo fuerte, ésta deberá ser realizada por profesionales calificados que establezcan una diferencia clara entre el agrietamiento normal y el agrietamiento provocado por sismos y el causado por otros factores, con lo que podría llegarse a una evaluación de daño confiable.

Aún cuando los daños que más comúnmente se presentan en estructuras de concreto reforzado son provocados por la combinación de ciertos factores, de manera simplista estos daños se pueden clasificar de la manera siguiente:

- 1.- Fallas en columnas debido a fuerzas axiales y momentos flexionantes altos, lo que puede traer como consecuencia la pérdida de recubrimiento, el pandeo de refuerzo longitudinal o fractura del refuerzo transversal.
- 2.- Daños y fallas por cortante en vigas y columnas.
- 3.- Pandeo del refuerzo longitudinal en vigas; en la mayoría de los casos, en el refuerzo del lecho inferior.
- 4.- Daños en conexiones trabe-columna debido a un confinamiento inadecuado o a una pobre disposición de los elementos conectados.
- 5.- Aplastamiento y falla por problemas de adherencia del acero de refuerzo.



### ***6.7.2 Información relevante para efectuar la evaluación postsísmica detallada en estructuras de concreto reforzado***

Para la evaluación detallada en estructuras de concreto se deberán considerar algunos aspectos generales, independientemente que se trate de una estructura a base de marcos o de muros estructurales, los que se comentan a continuación.

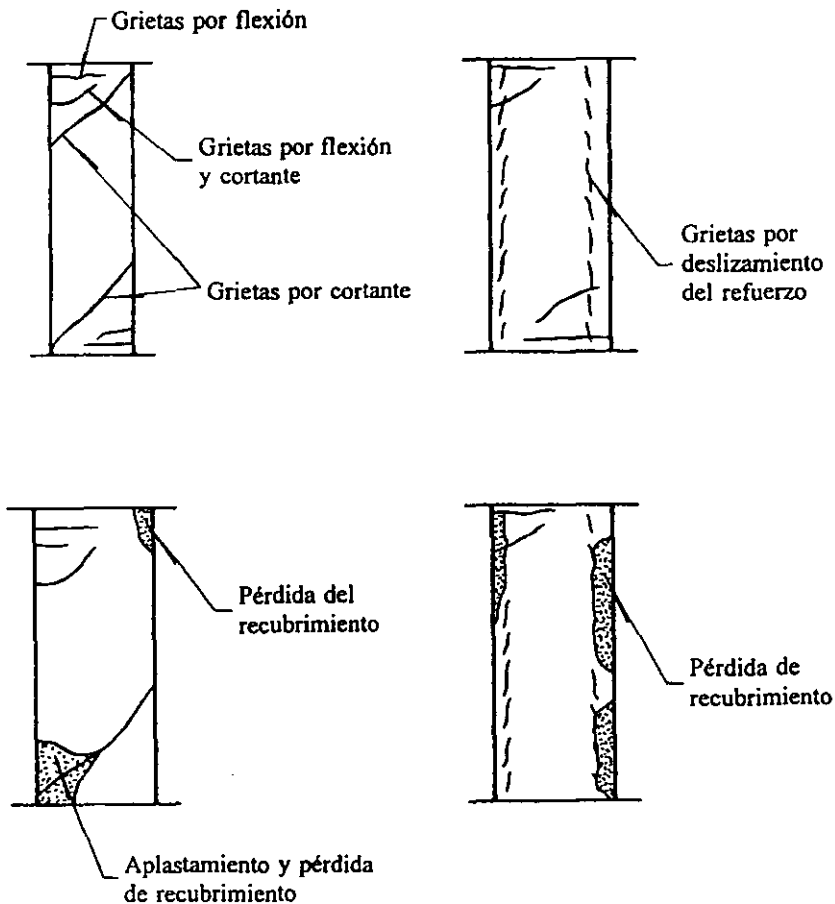
Se debe evaluar el comportamiento global de la estructura, relacionando dicho comportamiento con el tipo de estructura. Es importante describir el tipo y ubicación de daños en elementos estructurales (trabes, columnas, losas o muros de concreto reforzado). En el caso que la estructura haya sido reparada y/o reforzada, identificar el tipo de técnica empleada, y evaluar la eficiencia de dicha técnica. Se deberá evaluar la calidad del concreto y mano de obra, así como el grado de deterioro en el material y en el acero de refuerzo, especialmente en zonas de medio ambiente agresivo.

#### ***Estructuras a base de marcos de concreto reforzado***

Se sugiere considerar las siguientes recomendaciones, en primer lugar se deberán identificar los tipos de fallas en los elementos estructurales: vigas, columnas y losas.

En vigas se pueden presentar principalmente fallas por flexión, cortante, una combinación de ambas, pandeo del refuerzo longitudinal, o falla por adherencia. Cuando solo ocurren grietas a flexión, la fluencia del acero en tensión se concentra a través de pocas grietas críticas. Las grietas en tensión diagonal se forman en los miembros debido a la presencia de fuerzas cortantes relativamente grandes que actúan en conjunto con la flexión. El esfuerzo principal de tensión, desarrollado como resultado de los esfuerzos combinados de cortante y flexión, se ubica formando un ángulo con el eje del miembro y produce grietas de tensión diagonal. Este tipo de agrietamiento es aceptable bajo condiciones de carga de servicio, siempre que los anchos de las grietas no excedan los indicados en la tabla 6.3.

En columnas las fallas por tensión y compresión prácticamente presentan el mismo comportamiento que en las vigas, es decir, se genera un aplastamiento del concreto o una fluencia del acero en tensión. Otro tipo de falla que suele presentarse en columnas y también en vigas es la debida al deslizamiento del refuerzo. Es conocida como falla por adherencia y se caracteriza porque la resistencia se alcanza cuando se presentan extensos agrietamientos longitudinales al nivel del acero a tensión. En la fig. 6.7 se muestran los agrietamientos típicos en columnas de concreto reforzado:



*Fig. 6.7 Ejemplos de agrietamientos típicos de columnas de concreto reforzado*

Un aspecto relevante en la evaluación del daño del entrepiso en una dirección principal es que si se encuentra que el daño de las vigas que concurren en esa dirección en cada columna (o losas planas en el caso que la estructura sea de este tipo) es más severo que el de la columna, el grado de daño de éste debe ser reemplazado por el de las vigas o losas. En este caso, el grado de daño de las vigas o losas concurrentes en la columna se define como el menor de los grados de daños individuales de estos elementos. Lo anterior trata de tomar en cuenta que generalmente los daños en columnas están asociados con mayores riesgos que los daños en vigas. En edificaciones a base de marcos de concreto reforzado se evaluarán los porcentajes de elementos con grado de daño IV y V, y se procederá a evaluar estos grados de daño como se indica a continuación:

	< 10%	====>	Clasificación A
Grado IV	10% - 30%	====>	Clasificación B
	> 30%	====>	Clasificación C
	< 5%	====>	Clasificación A
Grado V	5% - 15%	====>	Clasificación B
	> 15%	====>	Clasificación C

Es relevante evaluar el comportamiento de uniones trabe-columna o losa plana-columna, indicando si los daños están asociados a problemas de adherencia, cortante o flexión.

Si es factible, se deberá evaluar la eficiencia del confinamiento en elementos estructurales, ya sea por medio de estribos, zunchos, etc, así como si estos cumplen con las normas mínimas. Además, se recomienda indicar si existen excentricidades importantes entre los ejes de trabes y columnas.

Si el marco esta formado por elementos prefabricados, se recomienda evaluar el comportamiento de uniones trabe-columna, así como el de los llamados "candeleros". En el caso de elementos pretensados o postensados, es recomendable evaluar el comportamiento de los anclajes y si ocurrieron deslizamientos, así como evaluar si el sistema de piso prefabricado tuvo un

comportamiento de “diafragma rígido” adecuado, especialmente en los casos que el sistema de piso tenga firme de poco espesor (menor que 6 cm.).

***Estructuras a base de muros estructurales de concreto reforzado***

Se deberá tomar en cuenta lo siguiente. Se recomienda evaluar si los muros de concreto reforzado forman parte de un sistema de reforzamiento de un edificio o si se colaron como parte de la estructura original, en caso contrario, evaluar la eficiencia de las conexiones entre el muro y el marco que lo rodea. Indicar la cantidad de muros y ubicación, así como indicar la importancia de éstos en comparación con la de los marcos ya existentes.

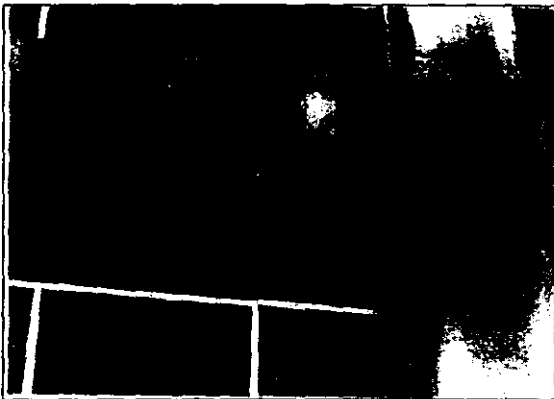
Verificar el comportamiento de las uniones de traveses o losas con los muros existentes. Aquí es importante observar los daños que puedan presentarse en la base de los muros en cada nivel de piso, pues es en éste lugar donde existe una mayor concentración de elementos mecánicos. Lo anterior permitirá evaluar si hubo una transferencia adecuada de fuerzas entre el sistema de piso y los muros. También es relevante revisar el estado de la base del muro en su intersección con la cimentación.

La tabla 6.3 permite definir los grados de daño en miembros estructurales de concreto.

**TABLA 6.3 CRITERIOS PARA DETERMINAR EL GRADO DE DAÑO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE CONCRETO**

GRADO	ESTADO DE DAÑO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES
I	Grietas pequeñas pero visibles sobre la superficie de concreto. (Grietas con ancho menor de 0.2 mm).
II	Grietas claramente visibles sobre la superficie del concreto. (Grietas con ancho entre 0.2 y 1.0 mm).
III	Agrietamiento local del recubrimiento de concreto. Grietas grandes (ancho entre 1 y 2 mm).
IV	Agrietamiento apreciable del concreto. Pérdida del recubrimiento del concreto y presencia de barras expuestas.
V	Barras de refuerzo pandeadas. Núcleo del concreto agrietado. Aplastamiento de la columna/muro. Asentamiento o inclinación en el sistema de piso.

En las fotografías 8 a 12 se ilustran los criterios para definir los grados de daño I a V.



*Foto 8*  
*Ejemplo de daño en vigas más severo que en columnas.*



*Foto 9*  
*Grado III*

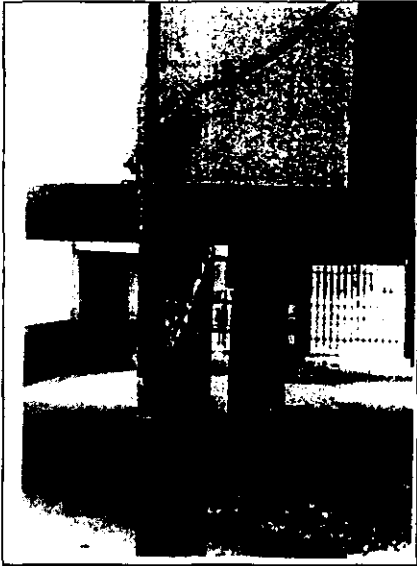


*Foto 10*  
*Grado III*



*Foto 11*  
*Grado IV*

*Ejemplos de grados de daño en columnas de concreto reforzado (Fotos 9 a 11)*



*Foto 12 A*  
*Grado V*



*Foto 12 B*  
*Grado V*

*Ejemplos de grado de daño en columnas de concreto reforzado (Fotos 12A y 12B)*

## **6.8.- Evaluación detallada en estructuras de acero.**

### **6.8.1.- Generalidades.**

La información de daños en estructuras de acero obtenida durante terremotos como los de la Ciudad de México y Chile en 1985, el de Northridge, California en 1994 y Kobe, Japón en 1995, es la base que permite proponer criterios de evaluación postsísmica detallada en estructuras de acero. De acuerdo con esta información, se han podido identificar patrones de daños típicos en este tipo de estructuras, los cuales se comentan a continuación.

En elementos estructurales podemos destacar los siguientes daños típicos que pueden presentarse durante un evento sísmico importante:

- Pandeo lateral y pandeo local en vigas, con fluencia o fractura de patines, fractura de placas que forman el alma, etc.
- Pandeo local en columnas, con fractura y desgarramiento laminar.
- Pandeo general y local en contraventeos.
- Falla por pandeo y fuerza cortante elevada en diagonales, montantes de armaduras, columnas y vigas de alma abierta.
- Falla de placas de conexión en la cimentación.

Un aspecto relevante a considerar en la evaluación postsísmica de la seguridad estructural en estructuras de este tipo, es el del comportamiento de conexiones entre elementos estructurales, tanto remachadas como soldadas. El mal comportamiento de estas conexiones ha sido identificado como causa principal de daño y falla en estructuras de acero durante sismos. Los principales factores que en eventos sísmicos anteriores han influido en este mal comportamiento han sido el uso de acero y elemento base con características pobres para soldar, presencia de esfuerzos residuales productos del proceso de construcción y de soldadura, el empleo de mano de obra no calificada, escasa resistencia al cortante en tornillos (lo cual provocó fluencia y ruptura de éstos); etc.



Otros aspectos a considerar en los procedimientos de evaluación de estructuras de acero son la corrosión y oxidación, ya que estos fenómenos pueden alterar notablemente las propiedades del acero.

#### ***6.8.2.- Información relevante para efectuar la evaluación postsísmica de estructuras formadas a base de marcos de acero***

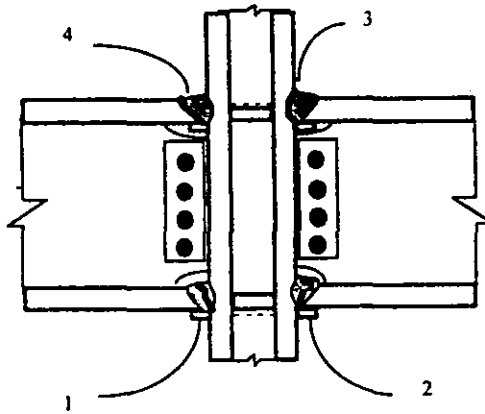
A continuación se propone un procedimiento con el cual se pretende que, después de un sismo fuerte, el ingeniero pueda realizar una evaluación confiable de la seguridad estructural de una edificación a base de elementos estructurales de acero y dictaminar si la edificación puede ser ocupada sin riesgo excesivo para sus ocupantes. Con el propósito de facilitar la ejecución de esta evaluación, ésta se ha dividido en tres partes principales: conexiones, vigas y columnas. Además, se comenta el caso de elementos estructurales con secciones de alma abierta.

#### ***Conexiones***

Es deseable iniciar la revisión de la seguridad de una estructura de acero con las conexiones, pues como ya mencionó anteriormente, esta parte es relevante en el buen desempeño de la estructura. La mayoría de las veces las conexiones estarán ocultas por elementos no estructurales, por lo que será necesario remover estos elementos, que normalmente son plafones, tableros, elementos secundarios, etc. En algunos casos será necesario demoler parcialmente techos y paredes. Se recomienda dejar al descubierto como mínimo una distancia igual al peralte de la viga, tanto en columnas como en vigas con el fin de poder realizar también la revisión de las secciones críticas de estos elementos estructurales.

Se debe tratar de detectar los grupos de conexiones que se crea que resulten más vulnerables y que se encuentren en los lugares que sean más accesibles para la revisión.

En la fig. 6.8 se muestran los daños más comunes que se pueden observar en una conexión soldada:



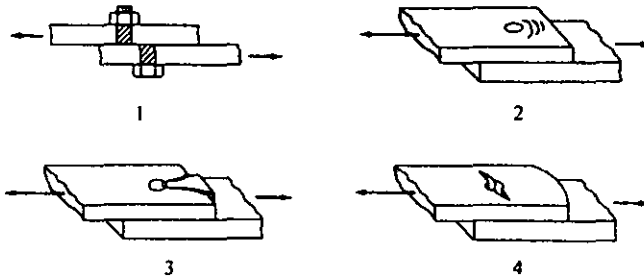
**Fig. 6.8 Daños en conexiones soldadas (SAC, 1994)**

- 1.- Fractura completa en la soldadura
- 2.- Fractura parcial en la soldadura
- 3.- Fracturas en el contacto del patín de la columna con la soldadura
- 4.- Fracturas en el contacto de los patines de la trabe con la soldadura

En el primer y segundo caso, las fracturas se prolongan a través del metal utilizado en la soldadura. Los otros dos casos ocurren en la zona de fusión entre el material de aportación y el material base, constituido en este caso por los patines de vigas y columnas. Estos tipos de daños son resultado de la pérdida de capacidad a tensión del patín inferior de la viga.

Las principales fallas en soldaduras ocurren en la unión de columnas con los patines inferiores de las vigas, esto es debido principalmente a que en obra los soldadores pueden realizar sin dificultad de operación una junta de penetración completa en el patín superior; sin embargo, en el caso del patín inferior la ejecución de la soldadura se complica, ya que el alma de la viga obstruye la colocación continua de la soldadura. Esto sugiere que la inspección de la soldadura de la conexión en la parte del patín inferior debe ser objeto de una revisión cuidadosa. Es de interés mencionar que de acuerdo a estadísticas de daños observados durante el sismo de Northridge, la ocurrencia de daños en el patín superior implicaba que el patín inferior también estaba dañado.

En relación a conexiones atornilladas, los daños pueden ser detectados más fácilmente, pues la forma en que éstos se presentan hacen identificable el tipo de falla. Los tipos más comunes de estas fallas se muestran en la fig. 6.9:



**Fig. 6.9 Daños típicos en conexiones remachadas (Salmon et al, 1996)**

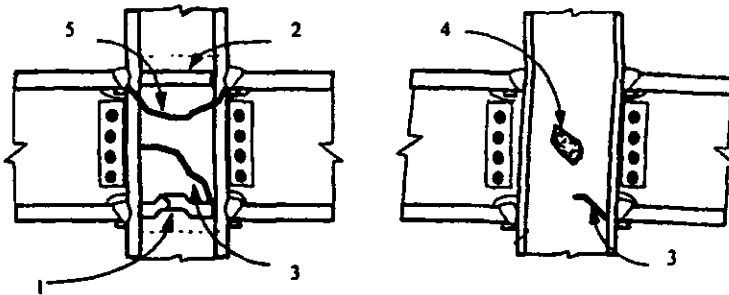
- 1.- cortante
- 2.- aplastamiento
- 3.- desgarramiento
- 4.- sección insuficiente

La falla por cortante en conexiones atornilladas o remachadas se origina cuando se excede la capacidad de los tornillos o remaches. En la mayor parte de los casos esto se manifiesta con la fluencia o deformación de los tornillos o remaches. En la falla por aplastamiento la capacidad de los tornillos es mucho mayor que la de las placas y éstas son las que llegan a la ruptura. La falla por desgarramiento es originada por una escasa distancia del tornillo al borde de la placa la cual se puede fracturar si se presenta una tensión elevada en ella. La falla por sección insuficiente se presenta sólo en miembros sujetos a tensión, el diámetro y separación de los agujeros influye de manera directa, ya que se reduce el área neta, lo cual origina que la resistencia disminuya y ocurra la ruptura de la placa se divida en dos.

### ***Panel de Unión***

Las traveses se unen con una columna en un punto común por lo que aquí se forman paneles de unión, la revisión de estas zonas también es importante pues en este lugar se llevan a cabo un gran número de conexiones. Los daños que se presentan en esta zona son difíciles de detectar, pues en muchos casos, además de las vigas conectadas a los patines de la columna, existen vigas conectadas al alma, lo que impide la visibilidad de dicha zona.

Los daños más comunes que se presentan en esta zona se muestran en la fig. 6.10:



***Fig. 6.10 Daños típicos en conexiones viga-columna (SAC, 1994)***

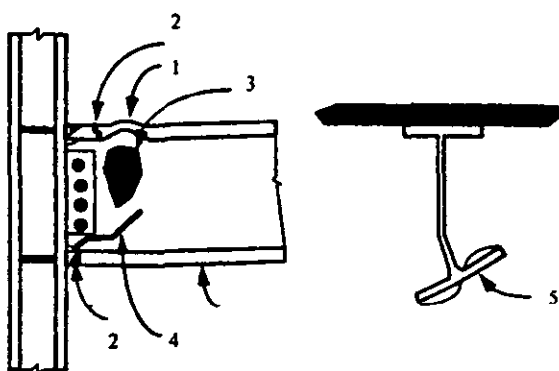
- 1.- Fractura o pandeo de atiesadores.
- 2.- Fracturas en la soldadura de los atiesadores.
- 3.- Fractura parcial en el alma de la columna.
- 4.- Pandeo del alma.
- 5.- Ruptura de la columna.

Las grietas en la soldadura de los atiesadores, y cualquier daño ocurrido en éstos no será de graves consecuencias para la estructura, siempre y cuando la fractura o grieta no se extienda y penetre el material de la columna. Si la grieta penetra en el panel, ésta tiende a extenderse bajo la presencia de cargas adicionales resultando una separación completa de la parte superior de la

columna con la inferior. Esta falla representa un gran riesgo para la estructura, pues la columna pierde gran parte de su capacidad resistente.

### *Vigas*

Los daños en vigas consisten principalmente en fluencia, pandeo o fractura de los patines o alma en zonas cercanas a la conexión con la columna. La fig. 6.11 ilustra los tipos de daños en estos elementos estructurales:



*Fig. 6.11 Daños típicos en vigas (SAC, 1994)*

- 1.- Pandeo de los patines.
- 2.- Fractura de los patines.
- 3.- Pandeo del alma.
- 4.- Fractura del alma.
- 5.- Pandeo lateral de la sección.

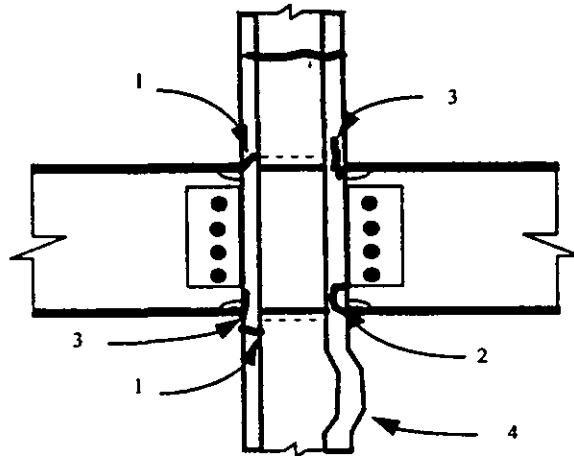
La fluencia y el pandeo en patines ocurren debido a la pérdida de su capacidad que en secciones compactas aparece gradualmente y se incrementa a medida que crece el número de ciclos inelásticos que se producen durante un sismo.

Las fracturas en los patines fuera de la zona de soldadura son resultado de la pérdida completa de la capacidad a tensión del patín, esto trae como consecuencia una reducción significativa de la capacidad resistente del marco ante cargas laterales, así como reducción importante de la rigidez de la conexión.

Es de interés mencionar que los daños en vigas se presentan con mayor frecuencia en el patín inferior debido a que generalmente en todas las estructuras se tienen losas de concreto que se apoyan en los patines superiores las cuales reducen notablemente la posibilidad de pandeo local en dichos patines. Además, la presencia de estas losas tienden a colocar el eje neutro cerca del patín superior, por lo tanto, existe mayor deformación por tensión en los patines inferiores. Otro factor, anteriormente mencionado, es la dificultad de soldar en la parte inferior.

### *Columnas*

En la fig. 6.12 podemos distinguir los siguientes tipos de daños en columnas:



**Fig. 6.12 Daños típicos en columnas (SAC, 1994)**

- 1.- Fracturas en el patín
- 2.- Desprendimiento de una sección del patín

## 3.- Desgarramiento laminar del patín

## 4.- Pandeo del patín

El daño identificado con el número 1 en la fig. 6.12 consiste en pequeñas grietas que se presentan en el patín, principalmente en la unión con la viga. El daño número 2 es una extensión del daño anterior, la grieta se inicia en la raíz de la soldadura entre los patines de la viga y la columna y se extiende longitudinalmente en el patín de la columna. Las rupturas en los patines son resultado de la pérdida de la capacidad a tensión y bajo cargas adicionales pueden convertirse en daños mayores. El daño número 3 es resultado de defectos en el proceso de fabricación del acero y contribuye de manera directa al desprendimiento de alguna sección del patín.

La revisión de las columnas del primer nivel es de gran importancia pues representan la unión entre la estructura y la cimentación, por lo que ésta también debe revisarse. Un criterio simplista que se sugiere para los contraenteos es revisarlos como columnas.

En edificaciones a base de marcos de acero estructural se evaluarán los porcentajes de elementos con grado de daño IV y V, y se procederá a evaluar estos grados de daño como se indica a continuación:

	< 10%	====>	Clasificación A
Grado IV	10% - 30%	====>	Clasificación B
	> 30%	====>	Clasificación C
	< 5%	====>	Clasificación A
Grado V	5% - 15%	====>	Clasificación B
	> 15%	====>	Clasificación C

La tabla 6.4 muestra los criterios para definir los grados de daño en elementos de acero estructural.

**TABLA 6.4- CRITERIOS PARA DETERMINAR EL GRADO DE DAÑOS DE ELEMENTOS DE ACERO ESTRUCTURAL.**

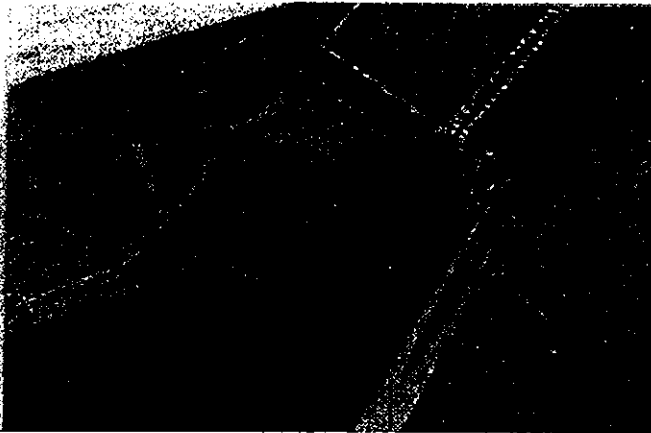
GRADO	ESTADO DE DAÑO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES
I	Sin defectos visibles.
II	Con deformaciones dentro de las tolerancias que establecen las normas para fabricación y montaje de estructuras de acero.
III	Con deformaciones ligeramente superiores a las normales.
IV	En vigas o columnas que forman parte de marcos: pandeo local, fractura o alguna evidencia de daños en secciones del elemento estructural fuera de zonas de posible formación de articulaciones plásticas.
V	<p>En vigas o columnas que forman parte de marcos: pandeo local, fractura o alguna evidencia de daños en secciones del elemento estructural dentro de zonas de posible formación de articulaciones plásticas.</p> <p>En vigas de alma abierta que forman parte de marcos: fractura o pandeo de alguna cuerda o montante.</p> <p>En uniones viga-columna: pandeo local, fractura o alguna evidencia de daños, fractura de soldadura, tornillos o remaches faltantes o con algún tipo de daño.</p> <p>Pandeo o fractura de elementos de contraenteo.</p>

En las fotografías 13 a 16 se ilustran grados de daño en elementos de acero estructural.





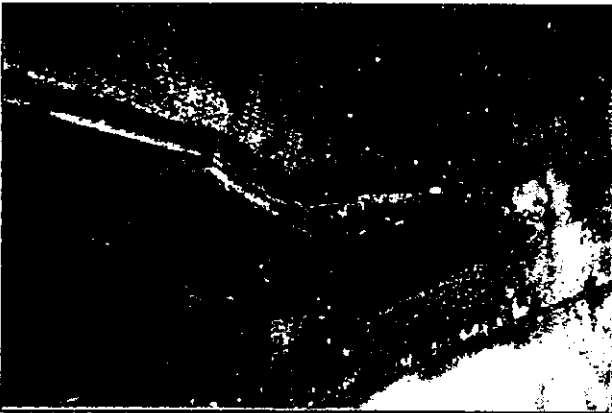
*Foto 13 (Bertero et al, 1994)  
Criterio V  
Grieta a través de placa  
base*



*Foto 14 (Bertero et al, 1994)  
Criterio V  
Fractura en contraventeos*



*Foto 15 (Osteraas y Krawinkler, 1989)  
Criterio V  
Pandeo en placas de columna*



*Foto 16 (Osteraas y Krawinkler,  
1989)  
Criterio V  
Falla en conexión soldada*

## ***6.9.- Evaluación detallada en estructuras de mampostería.***

### ***6.9.1 Generalidades***

Las estructuras de mampostería son ampliamente empleadas en la República Mexicana, debido a la amplia disponibilidad y variedad de diversos tipos de materiales para su edificación como son tabique rojo, block de concreto hueco, tabique extruido de barro, tabicón de arena-cemento, etc.

El comportamiento de edificaciones a base de mampostería fue satisfactorio durante los sismos de 1985 en la Ciudad de México. Aún cuando hubo daños en algunas estructuras de este tipo, éstos fueron en su mayor parte debidos a la existencia de deformaciones diferenciales originadas por hundimientos o a distribuciones irregulares de rigidez o a que fueron edificadas con procesos constructivos deficientes.

Por otro lado, en zonas de terrenos firmes pero próximas a la zona epicentral (Costa del Pacífico), algunos sismos recientes han causado daños importantes en edificaciones con materiales y procesos constructivos deficientes. Las costas de los estados con actividad sísmica elevada como Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima y Jalisco, son una muestra de la gran vulnerabilidad de este tipo de viviendas ante sismos.

### ***6.9.2 Información relevante para efectuar la evaluación postsísmica en estructuras de mampostería.***

Durante la evaluación detallada se debe definir el tipo de mampostería que se haya utilizado, así como el tipo de refuerzo de ésta, por ejemplo si es confinada o con refuerzo interior. En el caso de mampostería confinada los muros están rodeados en su perímetro por castillos y dadas, las cuales forman un marco perimetral, proporcionando una capacidad de deformación mucho mayor que la del muro no confinado. Es conveniente describir la posición de los castillos o elementos de confinamiento, tanto en la unión de los muros como a lo largo de su dimensión. En mampostería con refuerzo se deben revisar posibles fallas locales en las piezas huecas, por desprendimiento de sus paredes.

Además de la calidad y la forma de las piezas que forman una estructura de mampostería, es de gran importancia tomar en cuenta el desempeño del mortero que las une, ya que es un factor determinante en la resistencia del conjunto. La resistencia de éste depende de la proporción de sus componentes, lo que representa un problema ya que generalmente en planos de la estructura no se especifican ni las proporciones para elaborar el mortero ni el material a utilizar, por lo que esto queda a libre consideración de los albañiles, los cuales emplean en la mayoría de las ocasiones morteros a base de cal o el llamado mortero de albañilería. Por lo anterior, en la evaluación detallada se debe tratar de evaluar la calidad de la mano de obra utilizada, observando la horizontalidad de las hiladas, el tipo y espesor del mortero y la regularidad de las juntas.

Se recomienda evaluar si, previo a la acción de fuerzas sísmicas, en la estructura existía algún tipo de deformación diferencial que hubiera contribuido a incrementar los esfuerzos en la mampostería, así como las posibles excentricidades propiciadas por diferencias de rigideces.

Se deberá verificar el comportamiento del sistema de piso que acopla a los muros de mampostería, supervisando las zonas donde existan reducciones, estrechamientos o angostamientos del propio sistema de piso, el cual pudiera propiciar concentraciones de fuerzas en el mismo.

Otro aspecto importante son los aplanados ya que si éstos son de buena calidad contribuyen en forma importante a la resistencia del muro. Si éstos presentan agrietamientos marcados, habrá que retirar esta cubierta para revisar la mampostería.

El refuerzo que ayuda de manera notable a mejorar el comportamiento de los muros es el que se coloca como estribos en los castillos y horizontalmente entre las juntas del mortero por lo que al hacer la revisión habrá que tener especial cuidado en la evaluación de estos elementos.

Una estructura de mampostería estará sujeta durante su vida útil a los siguientes efectos principales:

- 1.- Carga vertical debido al peso propio, peso de las losas y carga viva.

- 2.- Fuerza lateral y momentos de volteo.
- 3.- Empujes normales al plano de los muros.

Si los efectos anteriores o sus combinaciones exceden la capacidad de la estructura a base de mampostería pueden presentarse en éstas distintos tipos de fallas. De manera simplista, para propósitos de evaluación de la seguridad estructural, se puede considerar que en estructuras de mampostería ocurren los siguientes tres tipos de fallas:

- 1.- Por carga axial
- 2.- Por flexión
- 3.- Por cortante

Es importante conocer bajo que características se presenta cada uno de estos tipos de falla para poder realizar una evaluación detallada adecuada.

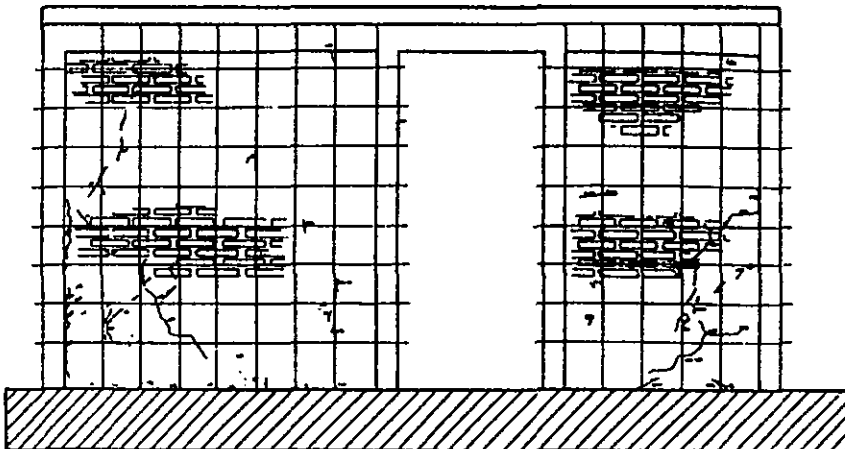
Antes de agrietarse, la mampostería experimenta deformaciones laterales bastante bajas y tiene un comportamiento elástico lineal. Inmediatamente después del agrietamiento, su comportamiento dependerá de la cantidad y disposición del refuerzo, si éste es escaso, los ciclos histeréticos encierran poca área, mostrando poca capacidad para disipar energía. Si se cuenta con refuerzo suficiente en los castillos o en el interior del muro, los ciclos de histéresis son amplios y el muro es capaz de soportar altos niveles de carga con deformaciones laterales importantes antes de llegar al colapso. En la etapa inicial del agrietamiento aparecen las primeras grietas diagonales en la parte media del muro, las cuales se presentan sobre el recubrimiento o aplanado, y son casi imperceptibles. A estos niveles de agrietamiento se les asigna en este trabajo grados de daño bastante bajos, I y II, como se describe en la tabla 6.5.

La falla por carga axial se presenta debido a incrementos importantes de carga vertical, por lo cual la mampostería se aplasta. En realidad, este modo de falla es muy difícil que ocurra, ya que el área de los muros generalmente es lo suficientemente grande para resistir cargas verticales elevadas. Puede favorecer a este tipo de falla el intemperismo o que las piezas de mampostería sean de baja calidad.

Las grietas por flexión suelen aparecer súbitamente, pues de manera semejante al concreto, la mampostería presenta una capacidad muy baja a la tensión. Estas grietas se manifiestan de forma horizontal en los extremos del muro, son de mayor longitud en la parte inferior y van disminuyendo a medida que ascienden.

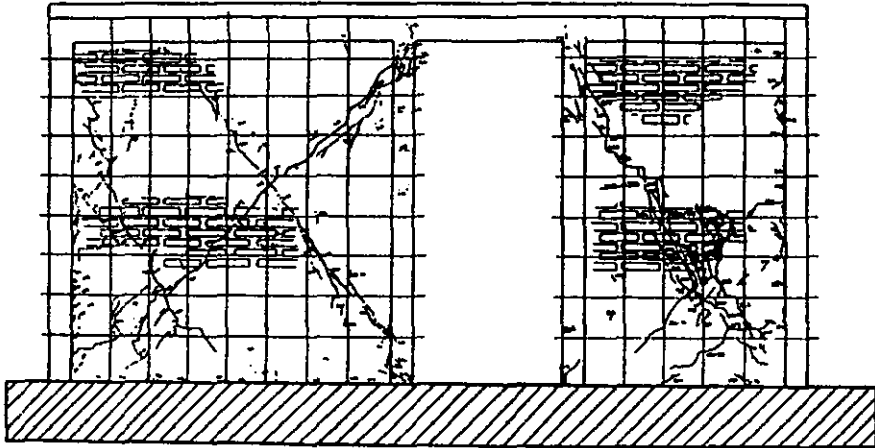
La falla por esfuerzo cortante se presenta de diversas formas como se muestra en la fig. 6.13 b. Un tipo de grieta es diagonal y se prolonga únicamente a través de las juntas del mortero, mientras que otro tipo de grieta se presenta casi recta rompiendo las piezas de la mampostería.

Si se presentan indicios de agrietamiento diagonal en muros confinados o grietas en la superficie entre 1 y 3 mm el grado de daño asociado es III. Si el agrietamiento diagonal se inicia en muros no confinados, es claramente visible en muros confinados, las piezas de mampostería sufren aplastamiento, se inicia el agrietamiento en castillos y dalas, existe deformación o inclinación del muro se debe asignar grado de daño IV o V según sea el caso de acuerdo a la tabla 6.5.



a) Grietas visibles en la superficie del muro

**Fig. 6.13 Agrietamientos típicos en la superficie de muros de mampostería**



## b) Agrietamiento diagonal

**Fig. 6.13 Agrietamientos típicos en la superficie de muros de mampostería (continuación)**

La presencia de agrietamientos en un muro reforzado no implica necesariamente la falla de éste, dicha falla dependerá del refuerzo exterior e interior que tenga, el cual puede hacer que el muro resista cargas bastante mayores a las del agrietamiento.

En edificaciones a base de mampostería se evaluarán los porcentajes de elementos con grado de daño IV y V, y se procederá a evaluar estos grados de daño como se indica a continuación:

	< 10%	⇒	Clasificación A
Grado IV	10% - 30%	⇒	Clasificación B
	> 30%	⇒	Clasificación C
	< 5%	⇒	Clasificación A
Grado V	5% - 15%	⇒	Clasificación B
	> 15%	⇒	Clasificación C

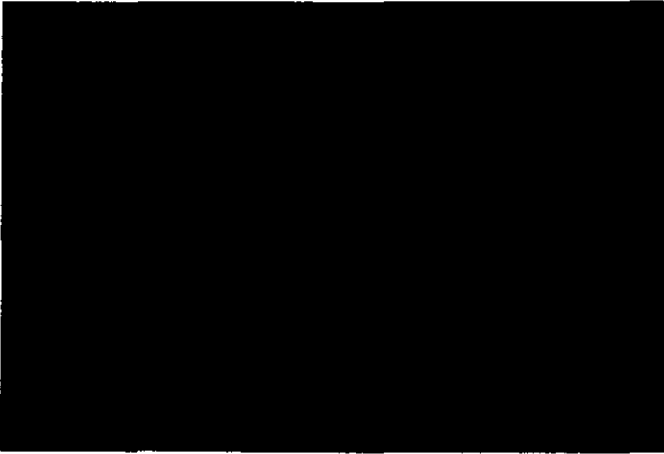
En la tabla 6.5 se describen los grados de daños I a V para elementos de mampostería, los que de manera conservadora se sugiere aplicar también a muros con refuerzo interior.

En las fotografías 17 y 18 se muestran grados de daño en estructuras de mampostería.

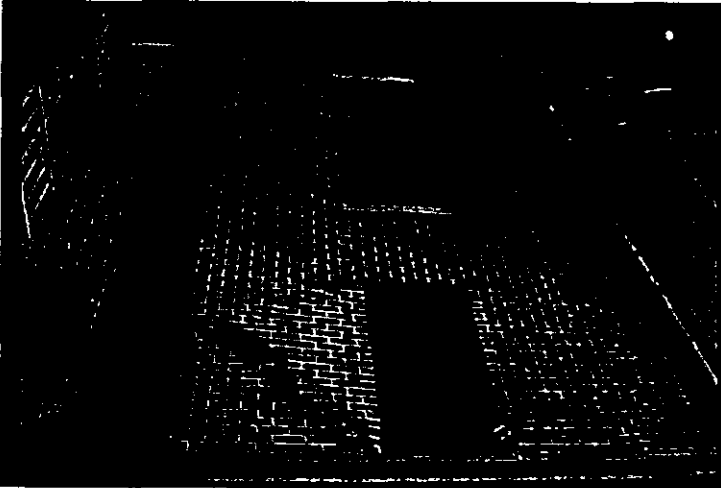
**TABLA 6.5- CRITERIOS PARA DETERMINAR EL GRADO DE DAÑO DE EDIFICACIONES A BASE DE MUROS DE MAMPOSTERIA**

GRADO	ESTADO DE DAÑO DE MUROS DE MAMPOSTERIA
I	Grietas pequeñas, difícilmente visibles sobre la superficie del muro. Grietas mínimas en castillos y dalas de confinamiento. (Grietas con anchos menores de 0.2 mm).
II	Grietas claramente visibles sobre la superficie del muro. (Grietas con anchos entre 0.2 y 1.0 mm).
III	Inicio de la formación de agrietamiento diagonal en muros confinados con castillos y dalas. Grietas considerablemente grandes en la superficie del muro (anchos entre 1 y 3 mm.)
IV	Agrietamiento diagonal en muros confinados con castillos y dalas, o en muros de relleno ligados a marcos de concreto reforzado (ancho de grietas mayores de 3 mm). Inicio de la formación de agrietamiento diagonal en muros sin castillos y dalas.
V	Desprendimiento de partes de piezas. Aplastamiento local de la mampostería. Prolongación del agrietamiento diagonal en castillos o en dalas (ancho de grietas mayores de 1 mm). Agrietamiento diagonal en muros sin castillos y dalas. Deformación, inclinación horizontal o vertical apreciable del muro.





*Foto 17 (nisee, 1998)*  
*Criterio V*  
*Agrietamiento diagonal con*  
*desprendimiento de piezas*



*Foto 18 (nisee, 1998)*  
*Criterio V*  
*Agrietamiento diagonal*

## **6.10 Evaluación detallada en elementos no estructurales**

### **6.10.1 Generalidades**

Desde el punto de vista de la seguridad de la vida de los ocupantes de una estructura, así como de los costos de reparación necesarios en la estructura después de un sismo, una falla no estructural puede ser tan crítica como una falla estructural. Por lo tanto, la revisión de los daños no estructurales después de un sismo intenso es de gran importancia para determinar si una estructura es segura o no. Es sabido que el aspecto no estructural del comportamiento global de la estructura recibe poca atención dentro de la ingeniería estructural, por lo que en esta sección se dan recomendaciones para una evaluación apropiada de los daños no estructurales.

Una inspección de daños no estructurales debe incluir el estudio de todos aquellos elementos no estructurales que puedan representar un riesgo para la seguridad humana durante sismos consecuentes. Existe una gran variedad de elementos que requieren de especial atención, entre estos tenemos elementos de fachadas, elementos divisorios interiores, puertas y ventanas, techos falsos y cielos rasos, elementos decorativos, mobiliario, instalaciones (aire acondicionado, ventilación, calefacción, etc.), escaleras, tanques de agua, apéndices, etc.

Cuando se presenta un colapso parcial o total de un elemento no estructural, por lo general es fácil identificar la necesidad de restringir el acceso a una determinada sección de la estructura. Sin embargo, en otros casos puede ser que el daño no aparezca de forma tan clara y, por tanto, es necesario un estudio detallado de los demás elementos no estructurales.

La inspección de los daños por sismo en elementos no estructurales no debe limitarse a revisar el estado de estos elementos, sino también a una revisión cuidadosa de sus conexiones con la estructura. Es importante mencionar que la presencia de este tipo de daños por lo general implica que la estructura sufrió desplazamientos de importancia.

### ***6.10.2 Información relevante para efectuar la evaluación postsísmica detallada en elementos no estructurales***

Aunque es importante que se revise todo tipo de elemento no estructural, es necesario señalar que algunos de éstos tienen mayor importancia en la seguridad de los ocupantes de la estructura. Entre éstos, es necesario destacar los elementos de fachadas, así como aquellos que colindan o forman parte de las rutas de evacuación de la estructura. La revisión de las puertas de salida debe contemplar una revisión cuidadosa de que éstas puedan operar libres de problemas. En cuanto a las rutas de evacuación y acceso a estas salidas, es necesario definir si éstas se encuentran libres de escombros o no. Independientemente de la existencia de escombros, el inspector debe revisar cuidadosamente los elementos estructurales y no estructurales colindantes y definir, acorde a su estado, la seguridad de la ruta de evacuación. Es necesario definir si el estado de los elementos de fachada garantiza o no la posibilidad de circular en las inmediaciones del edificio.

Una vez dentro de la edificación se deberá poner especial atención y verificar el nivel de seguridad de los siguientes elementos:

- Muros divisorios
- Cielos rasos
- Lámparas
- Cajones de ascensores
- Escaleras
- Tanques de agua
- Apéndices
- Instalaciones
- Elementos decorativos

Referente a la inspección de los daños no estructurales se deben de tomar en cuenta los aspectos que a continuación se mencionan.

Se recomienda evaluar los daños en el plano del elemento no estructural. Estos daños normalmente se presentan en elementos no estructurales planos como elementos divisorios, muros de relleno a base de mampostería, cristales, etc, y se deben a la deformación que sufren durante su interacción con la estructura. Por lo general, la severidad de este tipo de daños se evalúa de acuerdo con el número y tamaño de las grietas inclinadas que exhibe el elemento no estructural. Sin embargo, también es necesario revisar si dicho elemento ha sufrido daños que se localicen en zonas específicas del mismo. Dentro de este contexto es conveniente revisar las esquinas del elemento no estructural.

Se recomienda también evaluar los daños fuera del plano del elemento no estructural. Normalmente estos daños se presentan en elementos no estructurales planos y se deben a aceleraciones fuera de su plano que les induce el sismo. Aunque por lo regular estos elementos presentan una resistencia elevada contra fallas fuera de su plano, es conveniente revisar patrones de grietas que puedan indicar una reducción importante de esta resistencia. Se deberá revisar el estado de la conexión fuera del plano del elemento no estructural. Por ejemplo, en muros de mampostería debe revisarse si éstos han sufrido algún movimiento fuera del plano con respecto a su posición original.

Evaluar los daños en las conexiones utilizadas para fijar los elementos no estructurales. Estos daños pueden ser generados por la deformación que sufre la conexión durante la interacción entre los elementos no estructurales y la estructura, así como a daños directos debidos a la acción sísmica. Entre los tipos de daños que deben contemplarse durante la inspección se incluyen las fallas de anclaje, fractura o deformación excesiva en la conexión o deslizamiento excesivo de la misma. Es importante aclarar que la revisión no es exclusivamente de la conexión, sino de las áreas adyacentes a ella, tanto en el elemento no estructural como en la estructura.

Es importante revisar contraventeos y soportes. Hay ocasiones en que los elementos no estructurales son contraventeados con el fin de que se comporten mejor durante un sismo, por lo tanto, es necesaria una revisión de este sistema para identificar la existencia de desplazamientos permanentes en dichos elementos. Además, es necesario evaluar el estado de los soportes de

elementos no estructurales pesados, como tanques, apéndices, etc., así como su posible movimiento con respecto a la posición original.

De ser posible, se recomienda la revisión del estado de las diferentes instalaciones de la estructura como elevadores y escaleras. Dentro de la inspección deberá definirse si los primeros son operables, mientras que en escaleras deberá verificarse el estado de su conexión con la estructura.

Es importante mencionar que el daño severo de elementos no estructurales no implica clasificar a la estructura como insegura. Cuando la estructura se clasifique como habitable pero existan daños en dichos elementos, generalmente solo se deben restringir las áreas inseguras. Cuando se presenten peligros alrededor de la entrada a la edificación, debe clasificarse el área como insegura y prohibirse la entrada.

## 7. EQUIPO PARA LA EVALUACIÓN.

Para los procedimientos de evaluación *Rápida y Detallada* se recomienda contar con el siguiente equipo.

### a) Equipo básico para la evaluación:

Plano de la zona por inspeccionar.

Manual de *Evaluación Postsísmica* de la seguridad estructural de edificaciones.

Formas de inspección, avisos de clasificación, grapas/cinta.

Cintas con la inscripción **PELIGRO** para evitar el acceso a áreas clasificadas como inseguras.

Libreta de notas, pluma/lápiz.

Linterna, lámpara y baterías extras.

Cámara fotográfica, flash y rollo.

Medidor de grietas.

Cinta de medida.

Nombres y números telefónicos de las oficinas de emergencias.

Nivel de albañil. Destornillador o cincel ligero.

Calculadora (opcional).

Gemelos (opcional).

**b) Artículos personales básicos de los inspectores:**

**Identificación personal.**

**Identificación oficial.**

**Casco de seguridad.**

**Botas.**

## 8. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LAS EVALUACIONES RÁPIDA Y DETALLADA

El siguiente ejemplo tiene el propósito de mostrar la aplicación de la evaluación de seguridad postsísmica de acuerdo a este Manual.

Como consecuencia del terremoto del 19 de septiembre de 1985 en la ciudad de México, un edificio de oficinas sufrió daños importantes. La edificación fue construida en el periodo 1980 - 1982 y consta de 13 niveles (además de un sótano). Esta edificación tiene un sistema estructural a base de losa plana y columnas de concreto reforzado.

### *a) Evaluación Rápida.*

Al aplicar el método de *Evaluación Rápida* del Manual, la revisión exterior reveló agrietamientos importantes en los muros de las fachadas, daños apreciables en columnas exteriores y evidencias de posible colisión con edificios vecinos.

Como resultado de este nivel de evaluación, y como se aprecia en la forma de evaluación (fig. 8.1), la edificación se clasificó como *Insegura* y se recomendó colocar barreras alrededor de ella para evitar peligros por caída de vidrios y elementos de fachada.



**Forma para inspección postsísmica. Evaluación rápida.****Identificación del edificio**Zonificación propuesta de la ciudad para efectuar la evaluación 3Dirección: Insurgentes Sur 12Colonia: Roma

Número de niveles sobre el terreno (incluyendo azoteas y mezanines) \_\_\_\_\_

Sótanos Si  No  Núm. \_\_\_\_\_ Desconocido Uso Casa habitación  Departamentos  Comercios  Oficinas públicas Oficinas privadas  Industrias  Estacionamientos  Bodegas Educación  Recreativo  Otro: \_\_\_\_\_

Información adicional \_\_\_\_\_

**Instrucciones**

Revisar la edificación para las condiciones señaladas abajo. Con un *Si* a cualesquiera de las preguntas 1,2,3,4,5, marcar la edificación como *Insegura*. Con un *Si* a las preguntas 6 o 7 marcar *Área Insegura* y colocar barreras alrededor de la zona en peligro. Si en esta evaluación existen dudas se debe marcar *Seguridad en duda*.

**Estado de la edificación**

	Si	No	Existen dudas
1.- Derrumbe total o parcial, edificación separada de su cimentación o falla de ésta. Hundimiento.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.- Inclinación notoria de la edificación o de algún entrepiso	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.- Daño en miembros estructurales (columnas, vigas, muros, etc.)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.- Daño severo en muros no estructurales, escaleras, etc.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.- Grietas, movimiento del suelo o deslizamiento de talud	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.- Pretilos, balcones u otros elementos en peligro de caer	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.- Otros peligros (derrames tóxicos, líneas rotas, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fig. 8.1 Ejemplo de aplicación de la evaluación rápida

<b>Clasificación global</b>	
<b>Habitable</b> <input type="radio"/>	<input type="radio"/> Inspección exterior únicamente <input type="radio"/> <input type="radio"/> Inspección interior y exterior <input type="radio"/>
<b>Seguridad en duda</b> <input type="radio"/>	
<b>Insegura</b> <input checked="" type="radio"/>	
<b>Inspectores</b> (Indicar profesión)	
1.-	<u>Guillermo Hernández (Ing. Civil)</u>
2.-	<u>Carlos Martínez (Arquitecto)</u>
3.-	_____
<b>Fecha de inspección</b>	<u>28-09-85</u>
<b>Recomendaciones</b>	
<input type="radio"/> No se requiere revisión futura	
<input checked="" type="radio"/> Es necesaria evaluación detallada (señalar) Estructural <input checked="" type="radio"/> Geotécnica <input type="radio"/> Otra _____	
<input type="radio"/> Área insegura (colocar barreras en las siguientes áreas)	<u>Prohibir el paso frente a la fachada principal, elementos en peligro de caer</u>
<input type="radio"/> Otros (remover elementos en peligro de caer, apuntalar, etc.) _____	
<b>Comentarios</b>	
Explicar los motivos principales de la clasificación	<u>Daños importantes en muros y acabados de fachada</u>

Fig. 8.1 Ejemplo de aplicación de la evaluación rápida (continuación)

### ***b) Evaluación Detallada.***

Al efectuar el procedimiento de *Evaluación Detallada* en la edificación, los ingenieros especialistas en estructuras involucrados en la evaluación observaron severos agrietamientos en las losas de entepiso, ocasionados por asentamientos del núcleo de elevadores, falla incipiente en algunos capiteles de columnas exteriores, agrietamientos severos en los muros exteriores de tabique y distorsiones considerables de los niveles de estacionamiento.

La revisión del valor medio del asentamiento indicó que no había evidencia de éste y la máxima inclinación de la edificación fue menor del uno por ciento. Por estos motivos, la evaluación en estos aspectos permitió considerar a la edificación con clasificación A.

La evaluación del daño de la estructura se realizó en el nivel 5, por ser éste el más dañado. En la fig. 8.2 se muestra un croquis del nivel 5 en el que se identifican con números romanos los grados de daño de las columnas de concreto reforzado. Aún cuando no se aprecia en el esquema, algunos de estos grados de daños corresponden a casos de daños en losas. Por ejemplo, la columna B-1 (fig. 8.2), tuvo un grado de daño igual a III. Las losas que concurren a esta columna en la dirección del análisis tuvieron grados de daños IV y V. Por este motivo el grado de daños que se asignó a las losas fue el menor de estos valores, es decir IV, valor mayor que el grado de daño en la columna, por lo que el valor asignado a las losas concurrentes a la columna B-1 fue IV.

Las columnas exteriores tuvieron grados de daño IV y V en la proporción que se indica en la *Forma para inspección postsísmica -Evaluación Detallada* que se llenó para este ejemplo (fig. 8.3). A estas columnas se le asignaron dos clasificaciones C. Las columnas interiores tuvieron grado de daño de IV y menores y la clasificación asignada fue B (fig. 8.3).

Según el procedimiento que se sugiere en el paso 6 de los *Pasos a seguir en la Evaluación Detallada*, dado que esta edificación tiene dos clasificaciones C y una B, se asignó a esta edificación la clasificación de uso de *Insegura*. La entrada fue prohibida y se procedió a la protección de alrededores y edificaciones vecinas.

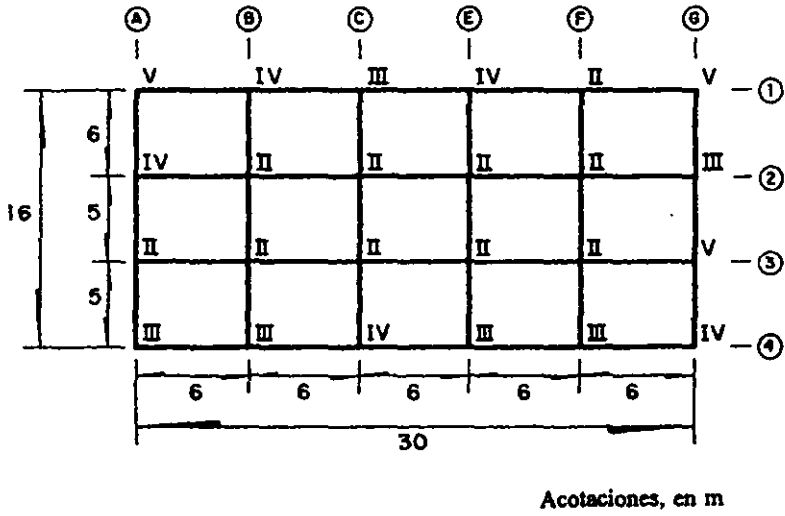


Fig. 8.2 Grados de daños en columnas del 5º nivel

**FORMA PARA INSPECCIÓN POSTSÍSMICA. EVALUACIÓN DETALLADA.**

**1. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN**

Dirección Insurgentes Sur 12  
 Colonia Dona  
 Zonificación propuesta de la ciudad para efectuar la evaluación 3

- **Posición del edificio en la manzana**  
 Esquina  Medio  Libre
- **Época de construcción**  
 Antes de 1957  1957-1985  1985-
- **Área total del edificio (m<sup>2</sup>), todos los niveles** 6250
- **Número de niveles sobre el terreno (incluyendo azotea y mezanines)** 13  
 Sótanos \_\_\_\_\_ Mezanines \_\_\_\_\_ Apéndices \_\_\_\_\_
- **Tipo de terreno**  
 Zona de lago  Transición  Lomas
- **Uso principal**  
 Casa habitación  Departamentos  Comercios  Oficinas públicas   
 Oficinas privadas  Industrias  Estacionamientos  Bodegas   
 Educación  Recreativo  Salud y protección social   
 Otro \_\_\_\_\_
- **Información adicional** \_\_\_\_\_  
 (En la hoja final dibujar planta con grados de daño y algún otro croquis de interés.)

**2. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LA CIMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA**

- **Tipo de cimentación**  
 Zapatas  
 Corridas  Aisladas   
 Pilotes  
 De punta con control  De punta sin control  De fricción   
 Material de fabricación  
 Madera  Concreto  Acero   
 Pila de cimentación  
 Con campana  Sin campana
- **Condiciones de la cimentación**  
 Cajón inundado (tirante de agua) \_\_\_\_\_  
 Daños en pilotes de control, desplazamiento entre cabeza y marco de carga \_\_\_\_\_

	Nivel de riesgo		
	A ACEPTABLE	B INTERMEDIO	C ALTO
- Inclinación notoria de la edificación	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- Grietas en el suelo o desplazamientos en muros de contención	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- Emersión del edificio	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- Hundimiento del edificio	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA**

- **Material de la estructura**  
 • Concreto reforzado  
 Colado en el lugar  Ladrillo hueco   
 Prefabricado  Concreto  Ladrillo sólido   
 • Acero  • Madera  Otro \_\_\_\_\_  
 • Otro \_\_\_\_\_

*Fig. 8.3 Ejemplo de aplicación de la evaluación detallada*

- **Sistema estructural**  
 Marcos  Marcos con muros de concreto  Marcos contraventados   
 Marcos con muros de relleno de tabique  Marcos de concreto   
 Losa plana reticular, columnas  Mampostería reforzada   
 Muros de tabique sin reforzar, con castillos y dalas  Otro \_\_\_\_\_
- **Sistemas de piso**  
 Losa maciza con trabes  Losa plana  Prefabricado  Otro \_\_\_\_\_  
 Losa plana reticular  No se sabe  Tipo \_\_\_\_\_
- **Estructura de techo (En caso de estructura especial)**  
 Acero  Concreto reforzado  Madera  Otro \_\_\_\_\_
- **Regularidad en planta** Buena  Intermedia  Mala
- **Regularidad vertical** Buena  Intermedia  Mala
- En casos de clasificación "mala", indicar en los comentarios (hoja final) las características asociadas a esta clasificación (tablas 6.1 y 6.2)
- **Daños previos por sismos** Si  Año \_\_\_\_\_ No  No se sabe
- **Reparaciones anteriores** Si  Año \_\_\_\_\_ No  No se sabe
- Tipo de reparación \_\_\_\_\_
- **Pérdidas humanas (Muertos/heridos)** Si  No  No se sabe
- Si existen datos  Número de muertos \_\_\_\_\_ Número de heridos \_\_\_\_\_

**4. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA DE CONCRETO O MAMPOSTERÍA**

- **Daño de miembros estructurales en el entrepiso** Núm 5 (En el entrepiso y en la dirección más dañada)
- **Daño exterior**
  - a) Estructuras a base de marcos, losa plana reticular o muro-marco  
 Número total de columnas exteriores 12  
 Relación en el número de columnas (o vigas) con grado de daño entre el número de columnas exteriores.  
 Grado IV 4/12 < 10%  10-30%  > 30%   
 Grado V 4/12 < 5%  5-15%  > 15%   
 Daños en muros en estructuras muro-marco  
 Longitud total de muros exteriores (m) \_\_\_\_\_  
 Relación de la longitud de muros exteriores con grado de daño entre la longitud total  
 Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%   
 Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%
  - b) Estructura a base de muros  
 Longitud total de muros exteriores (m) \_\_\_\_\_  
 Espesor típico de muros (cm) \_\_\_\_\_  
 Relación de la longitud de muros exteriores con grado de daño entre la longitud total  
 Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%   
 Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%
- **Daño interior**
  - c) Estructuras a base de marcos, losa plana reticular o muro-marco  
 Número total de columnas interiores 12  
 Relación del número de columnas (o vigas) con grado de daño entre el número de columnas interiores  
 Grado IV 1/12 < 10%  10-30%  > 30%   
 Grado V 1/12 < 5%  5-15%  > 15%   
 Daños en muros en estructuras muro-marco  
 Longitud total de muros interiores (m) \_\_\_\_\_  
 Relación de la longitud de muros interiores con grado de daño entre la longitud total  
 Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%   
 Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%

Fig. 8.3 Ejemplo de aplicación de la evaluación detallada (continuación)

d) Estructura a base de muros

Longitud total de muros interiores (m) \_\_\_\_\_

Espesor típico de muros (cm) \_\_\_\_\_

Relación de la longitud de muros interiores con grados de daño entre la longitud total

Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%

Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%

**5.- EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA DE ACERO**

• Daño de miembros estructurales en el entrepiso Núm \_\_\_\_\_ (En el entrepiso y en la dirección más dañada)

• Daño exterior

a) Estructuras a base de marcos

Número total de columnas exteriores \_\_\_\_\_

Relación en el número de columnas o vigas o conexiones con grado de daño entre el número de columnas exteriores.

Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%

Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%

• Daño interior

c) Estructuras a base de marcos

Número total de columnas interiores \_\_\_\_\_

Relación del número de columnas o vigas o conexiones con grado de daño entre el número de columnas interiores

Grado IV \_\_\_\_\_ < 10%  10-30%  > 30%

Grado V \_\_\_\_\_ < 5%  5-15%  > 15%

A B C  
Aceptable Intermedio Alto

Corrosión y/o oxidación de elementos estructurales

**CLASIFICACIÓN**

	Evaluación Rápida		Evaluación Detallada	INSPECTORES
	Si <input checked="" type="radio"/>	No <input type="radio"/>		
Habitable	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1.- <u>Inq. Jorge Obando</u>
Cuidado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2.- <u>Inq. Carlos Jarama</u>
Insegura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3.- _____
(Ver manual para esta clasificación)				FECHA DE INSPECCIÓN <u>30-09-85</u>

**6. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES**

	Nivel de riesgo		
	A Aceptable	B Intermedio	C Alto
Exterior	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vidrios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Torres de anuncios	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acabados de fachadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Balcones	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pretiles	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tanques elevados	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Otros _____	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fig. 8.3 Ejemplo de aplicación de la evaluación detallada (continuación)

ESTA TESIS NO DEBE SALIR BE LA BIBLIOTECA

	Nivel de riesgo		
	A	B	C
<b>Interior</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Intermedio</b>	<b>Alto</b>
Muros divisorios o particiones	⊗	○	○
Cielos rasos	⊗	○	○
Lámparas	⊗	○	○
Escaleras	⊗	○	○
Elevadores	○	○	○
Instalaciones (gas, eléctrica, etc.)	⊗	○	○
Derrames tóxicos	⊗	○	○

**Recomendaciones**

Area insegura. Colocar barreras en las siguientes áreas  Fachada primera nivel

Otros (remover los elementos en peligro de caer, apuntalar, etc.)  Remover de inmediato vidrios y acabados de fachada

Fotografías Si  No

**Comentarios**  
Explicar los motivos principales de la clasificación y posibles causas del daño. Indicar si los daños fueron más importantes en columnas, vigas o losas planas.

**ESQUEMA**

Fig. 8.3 Ejemplo de aplicación de la evaluación detallada (continuación)



### ***9.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS***

- 1.- **ATC-20 Applied Technology Council** (1989), "Procedures for postearthquake safety evaluation of buildings", Redwood City, Cal.
- 2.- **ATC-20-1 Applied Technology Council** (1989), "Field manual: Postearthquake safety evaluation of buildings", Redwood City, Cal.
- 3.- **ATC-21 Applied Technology Council** (1988), "Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards", Redwood City, Cal.
- 4.- **Bertero, V; Anderson, J y Krawinkler, H** (1994) "Performance of steel building structures during the Northridge Earthquake", Report N° UCB/EERC-94/09, Earthquake Engineering Reserch Center
- 5.- **Diario Oficial** (2 de agosto de 1993), Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal
- 6.- **National Information Service for Earthquake Engineering** 1989 (nisee), University of California at Berkeley, Website.

- 7.- **Ohkubo, M** (1990), A note for the Seminar on Postearthquake Damage Inspection and Restoration Techniques of Reinforced Concrete Buildings (seminario en la Universidad de California, San Diego, 1990), Kyushu Institute of design, Shiobaru, minami-ku, Fukuoka, Japón
- 8.- **Osteraas, S y Krawinkler, H** (1989) "The Mexico Earthquake of September 19, 1985. Behavior of steel Buildings", Earthquake Spectra, Vol. 5, Number 1
- 9.- **Rodríguez, M y Castrillón, E** (1995) "Manual de evaluación postsísmica de la seguridad estructural de edificaciones", Series del Instituto de Ingeniería, Publicación 569.
- 10.- **SAC Joint Venture a partnership of: Structural Engineers Association of California** (1994) "Evaluation, Repair, Modification and design of Steel Moment Frames" , Interim Guidelines Report N° SAC-95-02
- 11.- **Salmon G y Johnson J** (1996) "Steel Structures, Design and Behavior" Fourth Edition, Harper Collins Publishers.
- 12.- **University "Kiril and Metodij"** (1984) Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Methodology and procedure for earthquake damage assessment, Pub. N° 70/3, Sokoje, Yugoslavia