



número

37

cuadernos
de
investigación

**NORMA PARA LA EVALUACIÓN
DEL NIVEL DE DAÑO
POR SISMO EN ESTRUCTURAS Y
GUÍA TÉCNICA DE REHABILITACIÓN**

**(ESTRUCTURAS DE
CONCRETO REFORZADO)**

Editado por:
Takeshi Jumonji

Traducido por:
Marimo Sugahara
Oscar López Bátiz

Revisado por:
Sergio M. Alcocer

Coordinación de Investigación
ÁREA DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL Y GEOTECNIA



CENTRO NACIONAL
DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

SECRETARÍA DE
GOBERNACIÓN

SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN

Lic. Santiago Creel Miranda
Secretario de Gobernación

Lic. María del Carmen Segura Rangel
Coordinadora General de Protección Civil

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

M. en I. Roberto Quaas Weppen
Director General

Dr. Sergio M. Alcocer Martínez de Castro
Coordinador de Investigación

M. en I. Enrique Guevara Ortiz
Coordinador de Instrumentación

M. en I. Tomás Alberto Sánchez Pérez
Coordinador de Difusión

Lic. Gloria Luz Ortiz Espejel
Coordinadora de Capacitación

Carmen Pimentel Amador
Secretaria Técnica

2ª reimpresión, diciembre 2001

©SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN

Abraham González Núm. 48,
Col. Juárez, Delegación Cuauhtémoc,
C.P. 06699, México, D.F.

©CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

Av. Delíin Madrigal Núm. 665,
Col. Pedregal de Santo Domingo,
Delegación Coyoacán, C.P. 04360, México, D. F.
Teléfonos:

(55) 54 24 61 00

(55) 56 06 98 37

Fax: (55) 56 06 16 08

e-mail: editor@cenapred.unam.mx

www.cenapred.unam.mx

© Autor: Ministerio de Construcción de Japón

Editor: Takeshi Jumonji

Traducido por: Ing. Marimo Sugahara y Dr. Oscar López

Revisado por: Dr. Sergio M. Alcocer Martínez de Castro

Responsable de la Publicación: M. en I. Tomás Alberto Sánchez Pérez

ISBN: N° 970-628-598-9

Derechos reservados conforme a la ley

IMPRESO EN MÉXICO. *PRINTED IN MEXICO*

Distribución Nacional e Internacional: Centro Nacional de Prevención de Desastres

EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES

**Sistema Nacional de Protección Civil
Centro Nacional de Prevención de Desastres**

**NORMAS PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DAÑO POR SISMO EN ESTRUCTURAS Y GUÍA
TÉCNICA DE REHABILITACIÓN
(ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO)**

AUTOR

Ministerio de Construcción del Japón

Editado por:

Takeshi Jumonji

Traducido por:

Marimo Sugahara

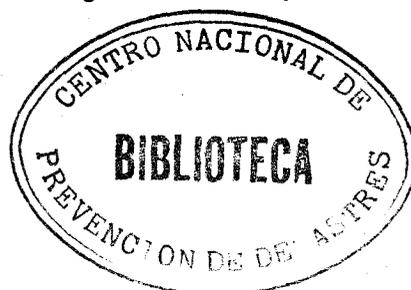
Oscar López Bátiz

Revisado por:

Sergio M. Alcocer Martínez de Castro

Coordinación de Investigación

Área de Ingeniería Estructural y Geotecnia



Diciembre, 2001

CLASIF.: CENAPRED/TH1095/N675
ADQUIS.: 47657
FECHA: 20-09-2002
MODO ED.: Donación



PRÓLOGO DEL EDITOR

Analizando los daños provocados por sismos previos se puede hablar que en Japón, después del sismo de 1948 en Fukui, no se ha presentado ningún sismo que originara cientos de muertos. Sin embargo, sí se presentaron sismos importantes como el de Niigata en 1964, donde se presentó un fenómeno grave de licuación de arenas y daño por fuego al fallar tanques de almacenamiento de aceite; el sismo de Tokachi-oki de 1968, que generó gran cantidad de daño y fallas en edificaciones; el sismo del mar de Japón en 1983, que generó grandes daños por tsunami; y, el sismo en la parte Este de la prefectura de Nagano de 1984, donde se generaron daños por estabilidad de taludes.

De las enseñanzas generadas por el comportamiento y nivel de daño de las edificaciones ante la incidencia de los sismos, como es el caso del gran sismo de Kanto en 1923, se han ido elaborando guías y propuestas reglamentarias. Principalmente, en el año de 1980 se publicó el código antisísmico más revolucionario en la historia del país, permitiendo que aun en este país de gran actividad y riesgo sísmico la construcción de edificios altos resistentes a sismo se convierta en realidad.

Sin embargo, durante los años recientes los medios de comunicación se han avocado a presentar noticias referentes a la probable ocurrencia de sismos en las zonas de Tokai y Minami-Kanto, información que genera temor e inseguridad en la población. Aunado a esto la ocurrencia de fenómenos sísmicos importantes como el de México (1985), Armenia (1988), Loma Prieta (1988), Irán y Filipinas (1990), han acrecentado ese temor por la probable ocurrencia de un sismo importante.

Los reglamentos antisísmicos japoneses, sobre todo en lo que respecta a estructuración de edificios, han tenido buena reputación mundial. Sin embargo, en caso de la incidencia de un sismo importante, se puede prever la ocurrencia de daños estructurales de consideración en algunos edificios antiguos.

Por lo tanto, se está promoviendo la implementación de medidas para mejorar el comportamiento antisísmico de edificios existentes, para lo cual se está elaborando el código para diagnosis del comportamiento antisísmico de dicho tipo de edificios, agilizando la difusión de guías y propuestas sobre su diseño antisísmico, reparación y refuerzo. Medidas que en algunos edificios tienden a manejar apoyo financiero de bancos como el Banco de Desarrollo de Japón para sus reparaciones, haciendo especial énfasis en las medidas para la reparación y refuerzo de vidrios de ventanas y muros exteriores para prevenir su caída. Por otra parte, otro aspecto a considerar para los edificios que fueren dañados durante un sismo, se refiere a la necesidad de inspección de seguridad y resistencia ante la posible incidencia de réplicas del sismo principal, para juzgar la posibilidad de su uso y habitación.

Por tal motivo, se ha elaborado la guía técnica para refuerzo y rehabilitación de edificios dañados por sismo como una parte del proyecto general "Desarrollo de la Tecnología de Refuerzo y Rehabilitación de Edificios Dañados por Sismos (1981-1985)", que tiene como objetivo primordial el evaluar el nivel de daño y seguridad de los edificios después de la incidencia de un sismo. Para obtener mejores resultados de este proyecto, se considera necesario difundir las técnicas e instruir a los técnicos y profesionales del ramo en

general. En consecuencia, se ha editado el "Código de Evaluación del Nivel de Daño de Edificios Dañados por Sismo y Guía Técnica de Refuerzo y Rehabilitación", así como "las Tablas para Encuesta y Evaluación", trabajos que han sido publicadas por la Asociación de Prevención de Desastres en Edificios del Japón.

El Ministerio de la Construcción del Japón, tomando en cuenta la participación voluntaria de la ciudadanía durante el sismo de Loma Prieta, así como la colaboración de gobiernos locales, está preparando un programa de evaluación del nivel de daño en las edificaciones, así como el aseguramiento de las mismas.

Igualmente, y basado en lo anterior, se elaboró un programa de instrucción y difusión amplia dentro de los profesionales de la construcción, así como con el personal encargado de realizar las labores de evaluación del nivel de daño, para que de una manera rápida y eficiente se pueda llegar a realizar la evaluación de un gran número de edificaciones. Así, el objetivo primario es el dar a conocer la presente guía entre los profesionales y técnicos encargados de los trabajos de evaluación, para su consulta y comentarios, permitiendo así mejorarlo con las aportaciones que su experiencia determine.

Febrero, 1991

Shoichiro Umeno

Jefe de la Sección de Consulta, Educación e Instrucción

Departamento de Vivienda

Ministerio de la Construcción

CUADERNOS DE INVESTIGACION

PRESENTACION

La Coordinación de Investigación del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) realiza estudios sobre las características de los fenómenos naturales y de las actividades humanas que son fuentes potenciales de desastres, así como sobre las técnicas y medidas que conducen a la reducción de las consecuencias de dichos fenómenos.

Las actividades enfocan la problemática de los Riesgos Geológicos (Sismos y Volcanes), de los Riesgos Hidrometeorológicos (Inundaciones, Huracanes, Sequías, Erosión) y de los Riesgos Químicos (Incendios, Explosiones, Contaminación por Desechos Industriales), y del comportamiento de las obras civiles y arquitectónicas con el área de Estructuras y Geotecnia.

Los resultados de los estudios se publican en Informes Técnicos que se distribuyen a las instituciones y los especialistas relacionados con cada tema específico.

En adición a dichos Informes Técnicos de carácter muy especializado, el CENAPRED ha emprendido la publicación de esta serie, llamada CUADERNOS DE INVESTIGACION, con el fin de dar a conocer a un público más amplio aquellos estudios que se consideran de interés más general o que contienen información que conviene quede publicada en una edición más formal que la de los Informes Técnicos.

Uno de los objetivos del Convenio de Cooperación Técnica entre la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y el CENAPRED, es la difusión en México de tecnologías y metodologías de diseño, construcción y trabajo experimental de estructuras en el Japón.

Estas prácticas y experiencias son descritas en conferencias o seminarios dictados, o bien mediante la traducción al castellano de los textos originales del japonés, por los expertos japoneses de corto y largo plazo que colaboran en las actividades de investigación del CENAPRED. También, la conclusión del trabajo conjunto entre los expertos japoneses y los investigadores mexicanos se presentan como textos introductorios para técnicas experimentales de laboratorio. El presente trabajo se sitúa dentro de este último rubro.

PRÓLOGO

A partir del año 1972, durante cinco años, se desarrolló una investigación sobre nuevas metodologías de diseño antisísmico de edificios como parte del proyecto para desarrollo de tecnología del Ministerio de la Construcción; en consecuencia, se logró alcanzar tecnología antisísmica de alto nivel a escala mundial. El fruto del proyecto se plasmó en la realización y edición del nuevo código de diseño antisísmico, puesto en vigor a partir del primero de junio de 1981; desde entonces, ha contribuido a elevar el nivel de la seguridad antisísmica de los edificios.

Mientras tanto, para mejorar la seguridad antisísmica de edificios existentes, en abril de 1977 y adelantándose a la edición del nuevo código de diseño antisísmico se publicó la Norma de Evaluación del Comportamiento Antisísmico de Edificios Existentes de Concreto Reforzado por el Centro Japonés de Seguridad de Edificios Especiales (actualmente es la Asociación Japonesa de Prevención de Desastres en Edificios), indicando los procedimientos para evaluar el comportamiento y la capacidad antisísmica de edificios existentes. Junto con esta norma, también se ha publicado por el mismo Centro, la Guía de Diseño para Reparación Antisísmico de Edificios Existentes de Concreto Reforzado, para corresponder a la necesidad de mejorar el comportamiento antisísmico de las estructuras existentes. Logrando así la posibilidad de establecimiento de los programas para evaluar e incrementar la seguridad antisísmica de edificios existentes.

Este progreso de la tecnología antisísmica tiende a disminuir el riesgo de pérdida de vidas por falla y derrumbe de edificios; sin embargo, todavía existe el riesgo de ocurrencia de daño y falla parcial de edificios, dejando como tema de investigación y desarrollo el estudio de técnicas para evaluación del nivel de seguridad de las estructuras, así como la tecnología de rehabilitación de edificios dañados. En los casos del sismo de Argelia y del sismo del sur de Italia, que ocurrieron sucesivamente en octubre y noviembre de 1980, hubo daños por réplicas del evento principal en algunos edificios que sufrieron degradación en su capacidad de comportamiento antisísmico por el temblor principal, y también aumentó la dimensión de daño indirecto por la tardanza para proporcionar auxilio y rehabilitación a las zonas dañadas; quedando de manifiesto la importancia de las contramedidas para la incidencia de réplicas del evento principal, como serían las medidas para auxilio y rehabilitación inmediata de emergencia después de temblor principal.

En caso del sismo de México en septiembre de 1985 y del sismo de Armenia en diciembre de 1988, colapsaron una gran cantidad de edificios en las ciudades, por lo que se considera necesario establecer una metodología y programas adecuados para la "Evaluación Inmediata de Emergencia del Nivel de Seguridad", con objeto de evaluar la posibilidad de uso de edificios después de gran daño por la incidencia de sismo. Con base en los anterior, desde 1981 hasta 1985 se desarrolló el proyecto denominado "Desarrollo de Tecnología de Rehabilitación de Edificios Dañados por Sismo" como una parte del Proyecto General de Desarrollo Tecnológico del Ministerio de Construcción, cuyos resultados se revisaron exhaustivamente por la Comisión de Investigación (al frente de la cual se encontraba Hajime Umemura, profesor emérito de la Universidad de Tokio) dentro del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo de Tecnología. Los resultados de este proyecto ya se han aplicado en el caso del sismo de México en septiembre de 1985, en lo que respecta a la evaluación

del nivel de daño y técnicas de rehabilitación. Especialmente las técnicas de evaluación inmediata de emergencia del nivel de seguridad y la evaluación de la clasificación y nivel de daño, se ha confirmado su utilidad. El resultado de este programa de desarrollo tecnológico se publicó tentativamente como "Manual de Técnicas de Rehabilitación de Edificios Dañados por Sismo" por la Asociación de Investigación y Desarrollo en Arquitectura del Japón.

El presente documento es una edición simplificada, extrayendo las esencias de los resultados del proyecto "Desarrollo de Técnicas de Rehabilitación de Edificios Dañados por Sismo". El documento se compone de tres partes; Parte I. Norma de evaluación del nivel de daño; Parte II. Guía técnica de rehabilitación; y Parte III. Ejemplos de aplicación.

Respecto a la evaluación del nivel de daño, con objeto de evaluar el nivel de seguridad (o en su defecto, el nivel de peligro y riesgo) ante la incidencia de una réplica del sismo inmediatamente después de la ocurrencia del evento principal, se presentó la metodología para la "Evaluación Inmediata de Emergencia del Nivel de Peligro y Riesgo", y para la "evaluación de la clasificación y nivel de daño" para evaluar la necesidad de refuerzo suponiendo el uso permanente del inmueble.

Por otra parte, con respecto a la guía técnica de rehabilitación, está dividida en dos partes: 1) Tecnología de rehabilitación inmediata de emergencia, a emplear inmediatamente después de la ocurrencia del daño principal y 2) Tecnología de rehabilitación permanente o definitiva para la restauración definitiva de la estructura. La relación entre las metodologías de evaluación del nivel de daño y la tecnología de rehabilitación se muestra en seguida.

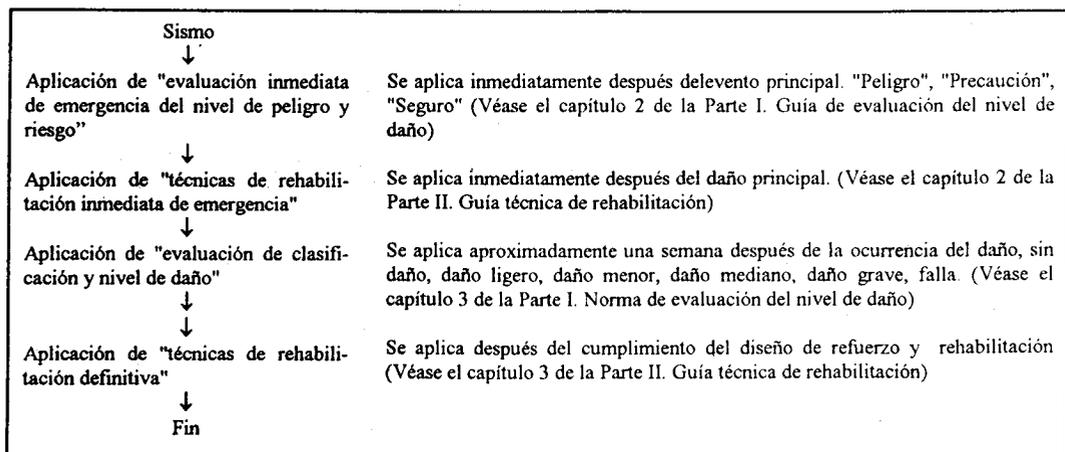


Diagrama de flujo de la aplicación de la metodología de evaluación del nivel de daño y el proceso de rehabilitación

Además de esta guía, con respecto a la evaluación del nivel de daño, se ha preparado un folleto sencillo para la inspección, investigación y la evaluación, con una explicación breve para su uso en el sitio.

Comité del Proyecto General sobre Desastres, y Revisión de la Norma para la Evaluación de la Seguridad de Edificios Existentes

Miembros del Comité Principal

Presidente	Hajime Umemura,	Profesor emérito, Universidad de Tokio.
Vice-presidente	Tsuneo Okada,	Profesor y director, Instituto de Ciencias de la Universidad de Tokio.
Secretario	Masaya Hirose,	Investigador Principal, Instituto de Investigación en Edificación, Ministerio de la Construcción
	Yasuyuki Yamanouchi,	JJefe del Laboratorio de Dinámica, Tercer Departamento de Investigación, Instituto de Investigación en Edificación, Ministerio de la Construcción.
Comisionado	Masamichi Ohkubo,	Profesor, Departamento de Planificación Ambiental, Facultad de Arte e Ingeniería, Universidad Tecnológica y de Arte de Kyushu.
	Wataru Okada,	Jefe del Departamento de Ingeniería Eólica, Tercer Departamento de Investigación, Instituto de Investigación en Edificación, Ministerio de la Construcción.
	Ben Kato,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Tokio.
	Takashi Kaminosono,	Investigador, Laboratorio de Estructuras Grandes, Cuarto Departamento de Investigación, Instituto de Investigación en Edificación, Ministerio de la Construcción.
	Isao Sakamoto,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Tokio.
	Hideo Sugiyama,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Ciencias de Tokio.
	Toshio Suzuki,	Ex Jefe de Instrucción en Construcción, Departamento de Vivienda, Ministerio de la Construcción.
	Kouichi Takanashi,	Profesor, Instituto de Ciencias de la Universidad de Tokio.
	Masaya Murakami,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Chiba.
	Tatsuo Murota,	Jefe del Tercer Departamento de Investigación, Instituto de Investigación en Edificación, Ministerio de la Construcción.
Atsushi Yanagizawa,	Ex Jefe de la Primera Sección de Investigación, Centro de Investigación de Desarrollo Tecnológico.	
Yasunori Yamanaka,	Ex Jefe de la Sección de Prevención de Desastres de Edificios, Departamento de Vivienda, Ministerio de la Construcción.	
Osamu Yoneda,	Jefe de la Sección de Arquitectura, Departamento de Construcción y Reparación, Secretaría del Ministro, Ministerio de la Construcción.	
Makoto Watabe,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad Metropolitana de Tokio.	
Colaborador	Mikio Niki,	Jefe del Laboratorio de Construcción de Vivienda, Cuarto Departamento de Investigación, Instituto de Investigación en Edificación, Ministerio de la Construcción.

Sección de estructuras de concreto reforzado

Jefe	Tsuneo Okada	(Antedicho).
Secretario	Masaya Hirose	(Antedicho).
Comisionado	Masamichi Ohkubo	(Antedicho).
	Takashi Kaminosono	(Antedicho).
	Ayumi Gojou	Ex Jefe adjunto de Instrucción en Construcción, Departamento de Vivienda, Ministerio de la Construcción.

Norimasa Narito,	Ex jefe adjunto de la Sección de Prevención de Desastres en Edificios, Departamento de Vivienda, Ministerio de la Construcción.
Ikuhiro Matsuzaki,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Ciencias de Tokio.
Masaya Murakami	(Antedicho).
Yasunori Yamamoto,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Universidad Tecnológica de Shibaura.
Noriyoshi Yamaguchi,	Jefe de la Sección Estructural, Despacho de Construcción, Comunicación Telefónica y Electrónica de Japón, S.A.

Grupo de trabajo en desastres

Jefe	Masamichi Ohkubo	(Antedicho).
Comisionado	Kaname Takahara,	Jefe de la Sección de Tecnología, Compañía Oka, S.A.
	Masaya Hirosawa	(Antedicho).
	Masaya Murakami	(Antedicho).
	Manabu Yoshimura,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad Metropolitana de Tokio.
Secretario	Takashi Kaminosono	(Antedicho).
Colaborador	Hiroimi Yokoo,	Jefe de la Sección de Diseño Estructural, Kushimoto-oka, S.A.
	Kiyoshi Yoneda,	Jefe de la Sección de Tecnología e Ingeniería, Izumisouken, S.A.

Sección de estructuras acero

Jefe	Kouichi Takanashi	(Antedicho).
Secretario	Yasuyuki Yamanouchi	(Antedicho).
Comisionado	Hiroshi Akiyama,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Tokio.
	Ayumi Gojou	(Antedicho).
	Atsuo Tanaka,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Utsunomiya.
	Norimasa Narito	(Antedicho).
	Koji Morita,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Chiba.

Grupo de trabajo en refuerzo y rehabilitación

Jefe	Atsuo Tanaka	(Antedicho).
Comisionado	Kouichi Takanashi	(Antedicho).
	Isao Nishiyama,	Investigador, Primer Departamento de Ingeniería Sísmica, Departamento Internacional de Ingeniería Sísmica, Instituto de Investigación en Edificación, Ministerio de la Construcción.
	Kidou Yabe,	Investigador, Instituto de Tecnología, Shimizu Construcción, S.A.
	Yasuyuki Yamanouchi	(Antedicho)

Comisión de estructuras de madera

Jefe	Isao Sakamoto	(Antedicho).
Secretario	Tsuneo Okada	(Antedicho).
Comisionado	Yoshimitsu Oohashi,	Profesor Asistente del Laboratorio del Profesor Sakamoto, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Tokio.
	Ayumi Gojou	(Antedicho).

	Norimasa Narito	(Antedicho).
	Hiroyuki Noguchi,	Profesor Adjunto, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Meiji.
Colaborador	Isao Mibuchi,	Instituto de Tecnología, Shokusan Jyuutaku Sougo, S.A.
	Taku Mikawa,	Jefe del Departamento de Vivienda, Sumitomo Ringyou, S.A.

CONTENIDO

	Página
Parte I. Norma para la evaluación del nivel de daño	1
Capítulo 1. Aspectos generales.....	3
1.1 Objetivo.....	3
1.2 Definición de la terminología y simbología.....	3
1.3 Alcance de su aplicación.....	4
1.4 Estructura, objetivo y aplicación del procedimiento de evaluación.....	4
Capítulo 2. Evaluación inmediata de emergencia del nivel de peligro y riesgo.....	10
2.1 Descripción.....	10
2.2 Conceptos de investigación e inspección.....	10
2.3 Método de evaluación.....	10
2.4 Recomendaciones a seguir para una respuesta inmediata de emergencia.....	11
2.5 Variaciones del proceso de evaluación.....	12
Capítulo 3. Evaluación del nivel de daño y de su clasificación.....	15
3.1 Descripción.....	15
3.2 Conceptos de investigación e inspección.....	15
3.3 Método de evaluación.....	15
3.4 Evaluación de la necesidad de refuerzo y rehabilitación.....	18
Apéndice 1. Formato para inspección y evaluación inmediata de emergencia del nivel ..20 de peligro y riesgo (para edificios de concreto reforzado)	
Apéndice 2. Formato para inspección y evaluación de la clasificación y nivel de daño ..40	
Parte II. Guía técnica de rehabilitación	49
Capítulo 1. Aspectos generales.....	51
1.1 Objetivo.....	51
1.2 Definición de la terminología y simbología.....	53
Capítulo 2. Métodos de rehabilitación inmediata de emergencia.....	54
2.1 Objetivo.....	54
2.2 Alcance de su aplicación.....	54
2.3 Investigación e inspección.....	55
2.4 Trabajos de rehabilitación inmediata de emergencia.....	56
Capítulo 3. Métodos de rehabilitación definitiva o permanente.....	58
3.1 Objetivo.....	58
3.2 Alcance de su aplicación.....	60
3.3 Evaluación de la necesidad de refuerzo.....	60
3.4 Inspección e investigación.....	66
3.5 Diseño de la rehabilitación.....	67
3.6 Aspectos importantes en la rehabilitación de elementos estructurales.....	71

Parte III. Ejemplos de aplicación	83
(1) Hospital de la ciudad de Namioka	85
1. Introducción	85
2. Descripción del sismo.....	85
3. Descripción del edificio y del daño.....	86
3.1 Descripción del edificio	86
3.2 Descripción del daño	89
4. Evaluación inmediata de emergencia del nivel de peligro y riesgo	92
4.1 Condición de daño por asentamientos del terreno, desplomo y daño en elementos individuales	92
4.2 Resultados del proceso de inspección y evaluación, y la medida a considerar ...	93
5. Rehabilitación inmediata de emergencia	96
5.1 Refuerzo de emergencia posterior al daño sísmico	96
5.2 Refuerzo de emergencia de segundo nivel.....	97
6. Evaluación de la clasificación y nivel de daño	99
6.1 Condición de daño de elementos y sistemas estructurales	99
6.2 Resultados del proceso de inspección y evaluación, y las medidas a tomar	99
7. Rehabilitación definitiva o permanente	103
7.1 Descripción	103
7.2 Evaluación de la necesidad de refuerzo	103
7.3 Proyecto de la rehabilitación definitiva	111
7.4 Características de resistencia y comportamiento sísmico posterior al proceso de rehabilitación y refuerzo	117
(2) Escuela Preparatoria Seitou de la prefectura de Chiba	119
1. Introducción	119
2. Descripción del sismo.....	119
3. Descripción del edificio y del daño.....	120
3.1 Descripción del edificio	120
3.2 Descripción del daño	120
4. Evaluación inmediata de emergencia del nivel de peligro y riesgo	131
4.1 Condición de daño por asentamientos del terreno, desplomo y daño en las columnas	131
4.2 Resultados del proceso de inspección y evaluación, y las medidas a considerar	132
5. Evaluación de la clasificación y nivel de daño	135
5.1 Condición de daño de elementos y sistemas estructurales	135
5.2 Resultados del proceso de inspección y evaluación, y las medidas a considerar	135

Parte I.

NORMA PARA LA EVALUACION DEL NIVEL DE DAÑO

Parte I. NORMA PARA LA EVALUACION DEL NIVEL DE DAÑO

CAPITULO 1.

ASPECTOS GENERALES

1.1 Objetivo

La presente norma, contiene el procedimiento a seguir para la evaluación inmediata (o de emergencia) del nivel de daño y riesgo que presentan las estructuras dañadas sísmicamente, ante la posible incidencia de repeticiones del evento principal. Asimismo, se presenta el procedimiento a seguir para evaluar la necesidad y factibilidad de una rehabilitación definitiva. Para tal fin, se sugiere una metodología que consiste en identificar el tipo, nivel y distribución de daño en la estructura y en sus elementos constitutivos. Como objetivo final se presenta la información necesaria para iniciar la rehabilitación inmediata en cualquier ciudad afectada por un fenómeno sísmico y evitar daños producidos por réplicas del evento principal.

1.2 Definición de la terminología y simbología

En el cuerpo de la norma se emplea la siguiente terminología, cuya definición se indica a continuación:

Reparación: Proceso mediante el cual se restituyen las características estructurales originales de un edificio, o de sus elementos constitutivos, que han sufrido daño durante un evento sísmico.

Refuerzo: Proceso con el cual las características estructurales originales de un edificio, o de sus elementos constitutivos, que fueron dañados por el efecto destructivo de un sismo se mejoran respecto a la condición original que tenían antes de la ocurrencia de dicho evento.

Rehabilitación: Proceso que incluye la reparación y/o el refuerzo, por medio del cual una estructura dañada por un sismo recupera sus características de funcionalidad y puede volver a ser usada.

Nivel de riesgo: Parámetro utilizado para definir el nivel de peligro a la vida humana por la falla de un sistema estructural, los elementos estructurales o de los elementos no-estructurales (como la caída de objetos que se desprenden y caen, el desplome y volteo de objetos, etc.). Para este fin se asigna una calificación que depende de los resultados descritos en la evaluación inmediata (o de emergencia). El nivel de riesgo, puede calificarse en tres niveles: *peligro*, *precaución* y *seguro*.

Nivel de daño: Parámetro empleado para definir el nivel de daño físico de una estructura o de sus elementos constitutivos. En la guía para la evaluación inmediata del nivel de daño se distinguen tres niveles denominados *A*, *B* y *C*, para nivel de *daño menor*, *intermedio* y *grande*, respectivamente. En la guía de evaluación del tipo, nivel y distribución de daño se consideran cinco niveles denominados en modo creciente como: *daño ligero*, *daño menor*, *daño medio*, *daño grave* y *problema de estabilidad y falla*.

Nivel de daño y pérdida: Representa la condición y grado de deterioro de un elemento estructural. La clasificación del grado de deterioro se divide en cinco niveles, denominándose como *I* para el grado de menor deterioro y *V* para el grado de mayor gravedad o de falla.

1.3 Alcance de su aplicación

La Norma es aplicable a edificios de concreto reforzado (CR), estructurados a base de marcos resistentes a momento o a base de muros estructurales, que hayan sufrido algún tipo de daño por la ocurrencia de un evento sísmico. No obstante, la Norma puede ser aplicable a edificaciones que cuenten con algunos componentes de CR, tales como pueden ser las estructuras de acero estructural ahogadas en concreto reforzado, las estructuras de concreto presforzado, las estructuras de bloque de concreto reforzado, etc.

1.4 Estructura, objetivo y aplicación del procedimiento de evaluación

1) La evaluación del *nivel de daño* consiste en dos procedimientos a seguir: la *evaluación inmediata* (o de emergencia) del *nivel de riesgo* (o peligro) de una edificación y la *evaluación del nivel de daño estructural y su clasificación*.

2) La evaluación inmediata del nivel de riesgo consiste de una serie de procesos de evaluación posterior al sismo, donde se definirá si la estructura dañada o alguna parte de ella puede constituir un peligro para la vida humana, ya sea por volcadura, falla o desplome. Con base en los resultados de esta evaluación, se comunica a los usuarios y al dueño del inmueble la factibilidad de seguir usándose, así como las medidas para evitar la aparición de daños secundarios. La evaluación inmediata tiene por objeto identificar qué edificios pueden ser usados como instalaciones para albergues, hospitales y almacenes temporales. Como regla general, la evaluación inmediata se llevará a cabo por especialistas y técnicos capacitados.

3) La evaluación del nivel de daño y su clasificación se basa en los resultados de la inspección sobre las condiciones y características de daño que exhiba el edificio, a fin de determinar las condiciones del inmueble y de sus elementos estructurales. Este proceso tiene por objeto determinar la necesidad de reparación y/o refuerzo de la estructura o de sus elementos constitutivos. También, los resultados de esta evaluación se usan como material o información para realizar trabajos de estadística de daños que son de gran utilidad para el ingeniero estructurista. Esta evaluación será hecha, como regla general, por el ingeniero estructurista.

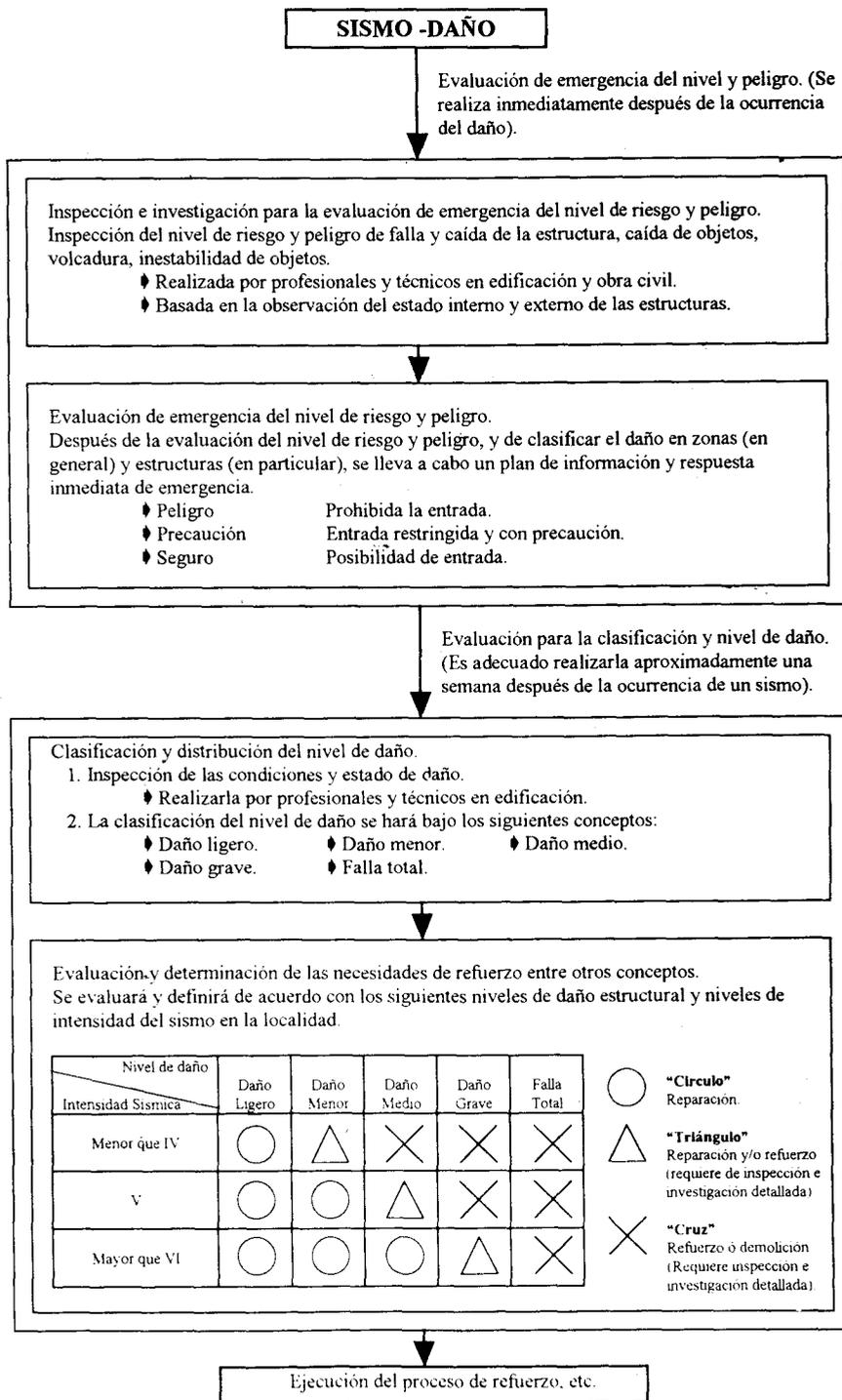


Figura 1. Diagrama de flujo y estructura del procedimiento de evaluación del nivel de daño

Comentarios

1) Estructura y objetivos de la Norma para Evaluar el Nivel de Daño

La presente norma para evaluación del nivel de daño tiene el objeto de constituirse en la información y material base, así como en la guía de apoyo y consulta, para que las diversas localidades, en forma autónoma, realicen trabajos de inspección e investigación encaminados a evaluar las condiciones de daño en las que se encuentran las estructuras afectadas por sismo, para lograr una rápida rehabilitación de las ciudades y provincias. En la figura 1 se presenta un diagrama de flujo que resume conceptualmente el procedimiento de aplicación del método de evaluación.

La Norma para la Evaluación Inmediata de Emergencia Después de la Ocurrencia de un Desastre Sísmico, tiene la finalidad primaria de determinar el nivel de seguridad estructural y riesgo de caída de estructuras con daño grave, es decir, evaluar el nivel de riesgo en estructuras con condición de equilibrio inestable con posibilidad de colapsar ante la incidencia de alguna réplica del movimiento principal. Esto con el fin de determinar y recomendar la posibilidad de permanencia, uso e incluso el acceso a dichos inmuebles, para evitar riesgo en vidas humanas. También, esta norma de evaluación inmediata de emergencia, tiene el propósito de definir los patrones de evaluación del nivel de seguridad estructural de edificaciones públicas que pudiesen ser empleadas como albergues o zonas de refugio ante la posibilidad de incidencia de réplicas del evento principal. Esta evaluación deberá hacerse, en la medida de lo posible, durante los dos días siguientes a la ocurrencia del sismo que originó el daño. La filosofía básica del procedimiento de evaluación consiste en la definición del nivel de seguridad estructural considerando el riesgo que pudieran tener las vidas humanas que harían uso del inmueble. El procedimiento siempre deberá considerar ambos aspectos, seguridad estructural y riesgo a la vida humana.

Al finalizar la evaluación inmediata de emergencia del nivel de riesgo y peligro, el paso siguiente consiste en determinar si para el tiempo de vida útil restante del inmueble después del fenómeno, el edificio continuará en funcionamiento, para cuyo caso se deberá rehabilitar. Así, es necesario definir si la estructura requiere que se mejoren sus características de comportamiento sísmico respecto a las que tenía antes del sismo. Para ello se requerirá de una propuesta de refuerzo estructural, que se determinará por medio de una inspección e investigación en la cual se evalúe la clasificación y el nivel de daño. Respecto al procedimiento de evaluación, es un aspecto básico considerar conjuntamente la resistencia remanente del sistema estructural después del daño provocado por el sismo, así como la intensidad o características del sismo que tuvieran una probabilidad mayor de ocurrencia en el futuro. Lo anterior se requiere para determinar la necesidad y características del refuerzo del sistema estructural en cuestión. Sin embargo, la determinación de la resistencia o características estructurales remanentes del sistema estructural, así como las características del evento sísmico que pudiera ocurrir, permanecen como variables difíciles de determinar en forma exacta, ya sea como suposición o como valor real. A este respecto, la presente norma, en la parte de evaluación de la clasificación y el nivel de daño, parte de la relación entre la resistencia remanente del sistema estructural (clasificación y nivel de daño) determinada con base en las condiciones y estado de falla de

la estructura, y la fuerza del sismo que generó dicho daño; y de las experiencias y resultados experimentales anteriores, conjuntamente con conceptos de criterio ingenieril actuales, para conformar las bases para determinar la necesidad de refuerzo de una estructura dañada por sismo.

2) Establecimiento y ejecución de la Norma para la Evaluación Inmediata de Emergencia del Nivel de Riesgo y Peligro

Puesto que la evaluación de emergencia del nivel de riesgo y peligro, como se mencionó anteriormente, es un procedimiento que se empleará inmediatamente después de la ocurrencia de un fenómeno sísmico, se deberá aplicar en zonas dañadas en condiciones alteradas y poco estables. Por lo que, para realizar el trabajo de manera rápida, eficiente y profesional, es necesario establecer inmediatamente un programa de trabajo grupal, siendo indispensable que los componentes de este grupo tengan un entrenamiento adecuado en el uso y ejecución de técnicas de inspección e investigación previo a la ocurrencia de un fenómeno sísmico.

Básicamente la presente norma, tiene la finalidad de conformarse en un elemento de ayuda a los particulares o instituciones autónomas de profesionales y técnicos de edificación y obra civil, encargados de revisar y evaluar el estado de las estructuras dañadas por un sismo. Esta norma pretende contribuir a preparar la respuesta de estas instancias antes de la incidencia del fenómeno sísmico, así como indicar las necesidades de organización de entidades autónomas, dependiendo de las necesidades por condición poblacional y económica de la zona o ciudad de que se trate. También, plantea la necesidad de organización de la ciudadanía entrenada en técnicas de construcción y obra civil para apoyar en la evaluación del estado de las estructuras, que obviamente dependen de la magnitud del daño ocasionado por el sismo. La Asociación Unificada de Despachos de Ingenieros y Arquitectos del Japón, considerando como ejemplo hipotético a la ciudad de Tokio, presenta una propuesta de organización y ejecución del proceso de inspección e investigación, como se indica en la figura 2 (Referencia 2). También, especialmente en lo que respecta a la evaluación inmediata de emergencia del nivel de peligro y riesgo, y para lograr una respuesta más rápida y mayor efectividad en la ejecución del método de evaluación propuesto en la presente norma se puede plantear, por ejemplo, la realización de inspecciones llevadas a cabo por localidades en forma individual, en aquellos edificios donde se asuman niveles importantes de daño. Posteriormente se entregará un informe con los resultados de dichas inspecciones para cada edificación para considerarlas en la evaluación inmediata de emergencia del nivel de riesgo y peligro realizada por la entidad correspondiente en forma global y definitiva.

3) Alcance de su aplicación

La presente norma, originalmente contempla todas aquellas edificaciones con sistemas estructurales a base de marcos resistentes a momento, o a base de muros estructurales, que mayormente estén compuestos de concreto colado en sitio. Existen también, otro tipo de edificaciones de concreto como son las estructuras compuestas de acero estructural y concreto, estructuras de bloques de alta resistencia, estructuras de

concreto reforzado precolado, y estructuras de concreto presforzado. Para este tipo de estructuras, cualquiera que sea su sistema estructural (marcos resistentes a momento o muros estructurales), se pueden aplicar los procedimientos de evaluación de clasificación y nivel de daño, y el de evaluación inmediata de emergencia del nivel de riesgo y peligro. Sin embargo, en el caso de estructuras de concreto reforzado precoladas, cuando se presenta daño importante con pérdida de capacidad en las uniones, se tiende a degradar el trabajo conjunto del sistema estructural en este tipo de estructuras. Revisar únicamente el estado de daño de los elementos estructurales en este tipo de estructuras; podría conducir a la conclusión de que no existe un nivel importante de daño y pérdida de capacidad. Así, si se deseara emplear la metodología de la presente norma, en la cual no se contempla la inspección de las uniones entre elementos, sería necesario modificarla para considerar los elementos o sistemas estructurales a investigar, sustituyendo a las columnas y muros en edificaciones a base de marcos resistentes a momento y muros estructurales, por las uniones entre elementos, respectivamente.

En años recientes existe una tendencia creciente al uso de edificios de concreto reforzado de gran altura. En este tipo de edificaciones se considera que no se presentarán niveles severos de daño, y por lo tanto la falla total. Aunado a lo anterior, el número total de estas construcciones, comparativamente con las edificaciones comunes, es pequeño, por lo que se consideran fuera del alcance de aplicabilidad de la presente norma. Para este tipo de estructuras (con mas de 10 niveles, o alturas superiores a 31 m) será necesario llevar a cabo inspecciones e investigaciones especiales. Están fuera del alcance de la presente norma, estructuras que contengan materiales de alto riesgo, o de importancia especial.

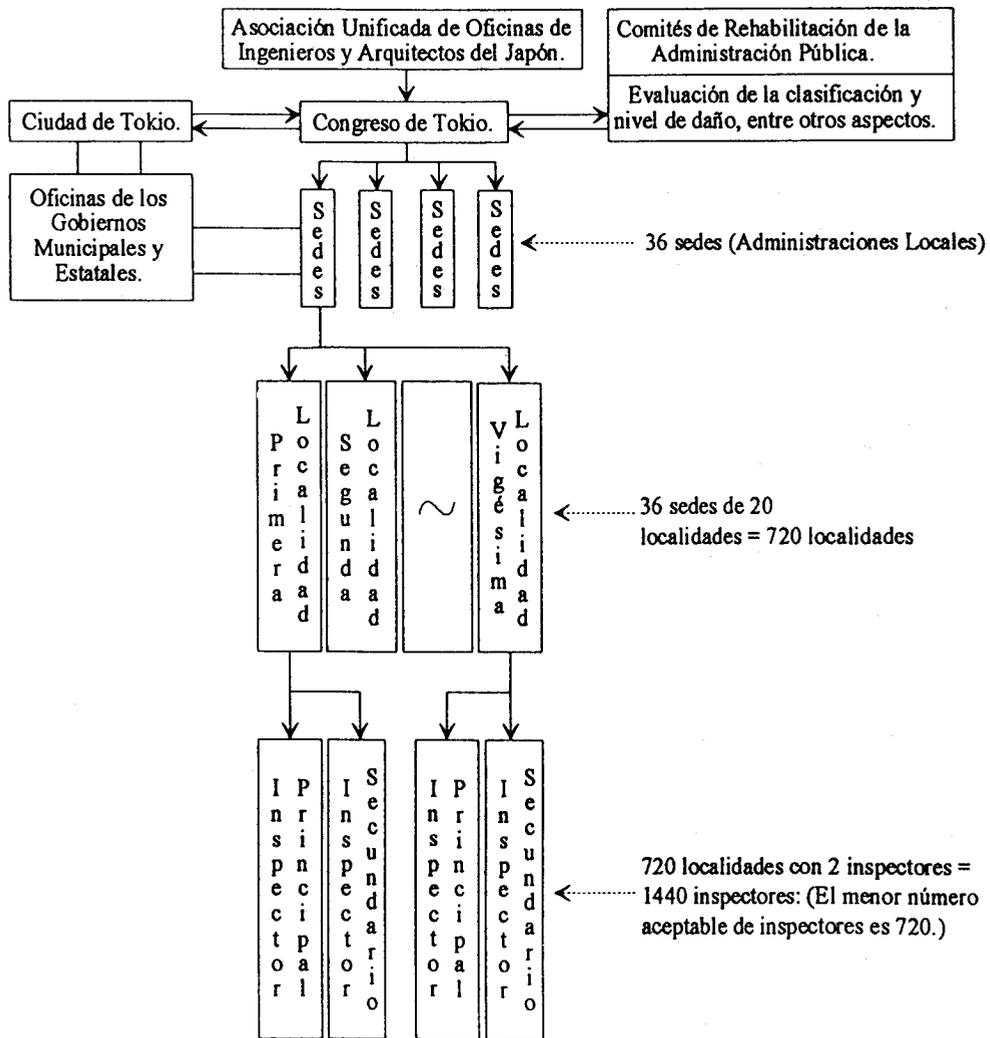


Figura 2. Ejemplo del establecimiento y ejecución del proceso de inspección e investigación (Referencia 2)

CAPITULO 2.

EVALUACION INMEDIATA DE EMERGENCIA DEL NIVEL DE PELIGRO Y RIESGO

2.1 Descripción

Después de la ocurrencia de un evento sísmico, los técnicos y profesionales de arquitectura e ingeniería civil deberán enfocar sus esfuerzos en la inspección y descripción del tipo de daño en los edificios (tales como: los problemas de asentamiento y desplomo, las condiciones y características del daño en los elementos estructurales, la posible caída o volcamiento de objetos y elementos no-estructurales) de una manera rápida y eficiente. Para ello, se deben realizar visitas de campo con la intención de determinar, entre otras cosas, los límites dentro de los que una estructura puede ser usada. Con base en los resultados de esta evaluación, se deben proporcionar recomendaciones a los usuarios y al dueño del inmueble. Para llevar a cabo la inspección se sugiere recopilar la información mediante un formato elaborado previamente (ver Apéndice 1).

2.2 Conceptos de investigación e inspección

La inspección de campo deberá incluir una descripción de la parte exterior del edificio, incluyendo el desplomo y asentamiento, las características y el tipo de daño del sistema estructural, así como de objetos o elementos no-estructurales cuya caída pueda resultar peligrosa para los transeúntes. En el interior del edificio se deberá efectuar un reconocimiento de las condiciones de daño de los elementos estructurales y no-estructurales. En los edificios que tengan un resultado evaluatorio satisfactorio con base en la inspección exterior, se podrá realizar una inspección interior resumida. Sin embargo, en las edificaciones que estén contempladas como posibles albergues o lugares de refugio se deberán realizar, necesariamente ambas inspecciones.

2.3 Método de evaluación

1) Determinación del nivel de daño para cada concepto a investigar

A los aspectos o puntos considerados por inspeccionarse durante la visita de campo, e incluidos en los formatos elaborados con anterioridad (ver Apéndice 1), se deberá asociar un nivel de daño (A, B o C).

2) Evaluación del nivel de riesgo o peligro de la estructura

Con base en los niveles de daño, determinados para cada punto a inspeccionar, se obtendrá el nivel de riesgo de estabilidad estructural, como se indica a continuación:

“Peligro”: Se define cuando los resultados de los puntos a evaluar en la inspección de campo describen más de uno con nivel C, o más de dos con nivel B.

“Precaución”: Se define cuando los resultados sobre cada uno de los puntos que se inspecciona incluya más de uno con nivel B; o bien, cuando el nivel de daño estructural en algunos elementos se describió con un nivel mayor o igual a III.

“Seguro”: Cuando no se describen condiciones de estabilidad estructural que califiquen al inmueble en nivel de “peligro” o “precaución”.

3) Evaluación del nivel de riesgo debido a la caída y volcamiento de objetos y elementos no estructurales

Con base en los niveles de daño asociados a la condición de los elementos no-estructurales (como el volcamiento y la caída de objetos), evaluados y determinados para cada punto a inspeccionar, se determinará el nivel de riesgo, como se indica:

“Peligro”: Se define cuando los resultados de la inspección de campo sobre las condiciones de los elementos no-estructurales incluyen a más de uno con nivel C, o más de dos con nivel B.

“Precaución”: Se define cuando los resultados de la inspección de campo sobre las condiciones de los elementos no-estructurales, incluya a más de uno con nivel B.

“Seguro”: Se define cuando no se describen condiciones de estabilidad de objetos y elementos no-estructurales que se califiquen en nivel de “peligro” o “precaución”.

2.4 Recomendaciones a seguir para una respuesta inmediata de emergencia

Con el sustento en los resultados de la evaluación del nivel de riesgo, el grupo de trabajo que realizó la inspección de campo deberá proporcionar recomendaciones a los usuarios y dueños de los edificios para adoptar medidas de seguridad, como se indica a continuación:

1) En los edificios que fueron calificados con el nivel de “peligro”, se prohibirá el acceso a los mismos.

2) Para los edificios que fueron calificados con el nivel de “peligro” en lo referente a la condición de los elementos no-estructurales cercanos a las puertas de entrada, se prohibirá el acceso a los mismos.

3) En los edificios que fueron calificados con el nivel de “peligro” respecto a las condiciones de los elementos no-estructurales en zonas diferentes a las entradas, se prohibirá el acceso a dichas zonas únicamente.

4) Para edificios que fueron calificados con el nivel de "precaución" en cualesquiera de los puntos de inspección, ya sea para la totalidad de la estructura o en forma parcial, se permitirá el acceso a los mismos siempre que se tomen las precauciones pertinentes basándose en los resultados y recomendaciones de la inspección evaluatoria.

5) En los edificios que fueron calificados con el nivel de "seguro" en cualesquiera de los aspectos de la inspección de campo, ya sea para la totalidad de la estructura o en forma parcial, se permitirá el libre acceso a los mismos.

6) Por regla general, en los edificios que sufrieron algún tipo de daño y sean sometidos a un proceso de rehabilitación inmediata, éste se deberá efectuar conforme a lo establecido en la "Guía Técnica de Rehabilitación".

2.5 Variaciones del proceso de evaluación

En caso de que se desee realizar una inspección de campo más detallada para determinar las condiciones de daño en la estructura, así como para estudiar las medidas a seguir para reducir el riesgo o peligro de una estructura que ha sufrido daño podrán realizarse cambios en la metodología descrita anteriormente. En sí, de acuerdo a las necesidades pueden realizarse variantes dentro del sistema evaluatorio propuesto.

Comentarios

1) *Con respecto a la evaluación inmediata de emergencia del nivel de peligro y riesgo, esta norma permite omitir la inspección e investigación del interior del inmueble en caso de que se pueda evaluar el nivel de seguridad únicamente con la investigación del exterior del edificio. Esto, basado en la filosofía de que se debe evaluar el nivel de seguridad tan pronto como sea posible, y prohibirse el uso o entrada a edificios calificados con nivel "peligroso" para prevenir la pérdida de vida humana por daño secundario. Por lo tanto, para los edificios que se pueden clasificar como "peligroso" por la inspección e investigación únicamente del exterior, se puede emitir la medida de respuesta inmediata prohibiendo la entrada al edificio y omitir la inspección del interior; pero para edificios en los que no se pueda determinar la clasificación desde el exterior, se debe llegar a la conclusión después de la inspección e investigación del interior. No es recomendable calificar el nivel "seguro" basándose sólo en la inspección e investigación del exterior. Es posible llevar a cabo encuestas con la gente que usaba el edificio en lugar de realizar la inspección del interior, pero para clasificar una estructura en el nivel "seguro", se recomienda que el inspector o investigador entre al edificio y confirme su estado.*

En caso de que se califique como "seguro", el porcentaje de inspección e investigación de las columnas y de los muros (el número de los elementos investigado de un nivel sobre el número total de los elementos del mismo nivel) que se presenta en el formato de inspección e investigación inmediata del nivel de seguridad debe exceder al menos el 50 %.

2) La evaluación inmediata de emergencia del nivel de seguridad se realiza considerando tres categorías principalmente: con respecto al edificio global, con respecto a la caída de objetos y con respecto al volteo de objetos. Ya que al evaluar, calificar y proponer medidas de emergencia para cada caso pudieran presentarse contradicciones, por ejemplo, aunque el edificio en forma global se haya calificado como "seguro", si existe alto nivel de peligro por caída o volteo de objetos alrededor de la entrada, será necesario considerar las medidas adecuadas, que resultarán en impedir la entrada al edificio. Esto conduce a que se requiere tomar en cuenta el nivel de peligro y riesgo de cada categoría para definir las medidas de respuesta final. Además, las estructuras secundarias, equipo, maquinaria y materiales de recubrimiento, son objeto de la evaluación inmediata de emergencia del nivel de seguridad con respecto a su caída y volteo. Por lo tanto, la zona de influencia por peligro de caída de estos objetos (incluyendo también la ruta supuesta de la caída) deberá definirse en un "croquis comentario" dentro del Formato de Inspección e Investigación Inmediata del Nivel de Seguridad.

3) Al evaluar el daño en los elementos estructurales de los sistemas a base de marcos resistentes a momento, de acuerdo con la inspección del exterior, se pondrá énfasis en las columnas de la dirección que presente mayor concentración de daño (X o Y) del nivel más dañado. En el caso de estructuras a base de muros, se investigarán los muros en las dos direcciones (X y Y), y se considerará el nivel de seguridad crítico de las dos direcciones. Cuando la estructura se puede calificar con un nivel de daño C a simple vista, se podrá omitir el cálculo de la cuantía de daño por medio del formato de investigación, concluyendo inmediatamente con la calificación de nivel de daño C. Por ejemplo, cuando las columnas estén severamente dañadas y la falla parcial o total tiene alta probabilidad de ocurrencia, o bien, cuando los sistemas de piso y losas presenten hundimientos o inclinaciones notables.

4) En el sitio, los inspectores e investigadores deberán comunicar a los usuarios y dueños del edificio el resultado de la evaluación (peligro, precaución o seguro), e informar y proponer medidas de respuesta inmediata, como "prohibido el acceso", "precaución al entrar" y "acceso permitido". Cuando se ha tomado la medida de "prohibido el acceso", o la de "precaución al entrar", existirá la responsabilidad de colocar un anuncio que lo indique en la entrada del edificio para llamar la atención de los usuarios en particular, y de la gente en general sobre el peligro ante la incidencia de un temblor secundario o réplica. Además, se debe restringir el acceso de la gente a la zona de influencia del edificio, cuando éste sea altamente inestable. Se podrá tomar la misma resolución en el caso de alto riesgo ante la caída o volteo de objetos. Estas recomendaciones son muy importantes para los edificios públicos o edificios con gran afluencia de personas.

5) Cuando el daño estructural de un edificio, o el nivel de peligro por caída o vuelco de objetos compete únicamente a parte de la estructura, se podrán emplear las medidas de "prohibido el acceso" y "precaución al entrar", parcial y únicamente para las zonas de peligro, evaluando adecuadamente la extensión de las mismas. Además existe la responsabilidad de informar a los usuarios y al propietario del edificio de una manera apropiada sobre la existencia de dichas zonas. En este caso, el inspector e investigador deberá indicarlo en el espacio destinado a notas dentro del Formato de Inspección e Investigación.

6) Si se ha reforzado de emergencia adecuadamente el edificio dañado, o la parte reportada con daño, se podrá cambiar el resultado de la evaluación inmediata, mediante una segunda evaluación. También existe la posibilidad de cambiar el resultado de la evaluación inicial, cuando se observe progreso del daño por efecto de temblores secundarios o réplicas del evento principal.

CAPITULO 3.

EVALUACION DEL NIVEL DE DAÑO Y DE SU CLASIFICACION

3.1 Descripción

El profesional o técnico de la construcción y/o ingeniería estructural, se deberá presentar en campo y realizar una inspección en los edificios dañados sobre la condición y posibles problemas de daños por asentamientos, desplomo, o bien daños en los elementos estructurales. Una vez finalizada la inspección se deberá clasificar el tipo de daño observado. Finalmente, con base en los resultados de la evaluación se emitirá un dictamen sobre la necesidad de rehabilitar la estructura. Se clasificará el tipo y nivel de daño, y finalmente se emitirá un resultado evaluatorio sobre la necesidad de reparar o reforzar la estructura. Para llevar a cabo esta inspección de campo se pueden emplear los Formatos para Evaluación de la Clasificación y Nivel de Daño (ver Apéndice 2).

3.2 Conceptos de investigación e inspección

Se investigará el estado o la condición del edificio en su conjunto por problemas de asentamientos, desplomo y daño en elementos estructurales. En la revisión de los elementos estructurales, basta centrarse en el nivel o en el entrepiso o entrepisos más dañados. Asimismo, se deberá revisar a los elementos no-estructurales que exhiban daño importante y tengan riesgo de caída o volcamiento. Tal es el caso de las chimeneas, apéndices en azoteas, escaleras de emergencia, acabados de fachada, etc. Finalmente, se deberá investigar la existencia de la memoria de cálculo y planos de diseño arquitectónico y estructural.

3.3 Método de evaluación

3.3.1 Evaluación considerando los asentamientos totales

Se medirá el valor máximo del asentamiento observado en la estructura "S" (en metros). Conforme a este valor se determinará el nivel de daño y su clasificación como se indica a continuación:

<i>Daño menor</i>	$S \leq 0.2 \text{ (m)}$
<i>Daño medio</i>	$0.2 \text{ (m)} < S \leq 1.0 \text{ (m)}$
<i>Daño grave</i>	$S > 1.0 \text{ (m)}$

3.3.2 Evaluación considerando el desplomo de la estructura

A partir del ángulo total de inclinación de la estructura θ (en radianes), se clasifica el nivel daño como se indica:

<i>Daño menor</i>	$\theta \leq 1/100$ (rad)
<i>Daño medio</i>	$1/100$ (rad) $< \theta \leq 3/100$ (rad)
<i>Daño grave</i>	$3/100$ (rad) $< \theta \leq 6/100$ (rad)
<i>Volcamiento</i>	$\theta > 6/100$ (rad)

donde θ es el promedio de la inclinación o desplomo del edificio en cuestión. Se consideran los valores totales de la inclinación de la estructura en las direcciones X y Y, θ_x y θ_y , respectivamente. Así el valor de θ se calcula con la siguiente expresión

$$\theta = (\theta_x^2 + \theta_y^2)^{1/2} \quad (3.1)$$

3.3.3 Evaluación de la cuantía de daño y pérdida de capacidad de los elementos estructurales

1) La cuantía de daño en una estructura, se denomina D_i (donde i representa el tipo de daño, evaluado de 1 a 5). El valor de D_i , o bien, la sumatoria de los valores individuales de D_i , $D = \sum D_i$, permite efectuar la evaluación del nivel de daño y su clasificación como se indica a continuación

<i>Daño ligero</i>	$D \leq 5$
<i>Daño menor</i>	$5 < D \leq 10$
<i>Daño medio</i>	$10 < D \leq 50$
<i>Daño grave</i>	$D > 50$
<i>Falla</i>	$D_s = 50$

2) Procedimiento para estimar la cuantía de daño, D_i

a) La estimación de D_i se hará considerando el entrepiso de la estructura que haya exhibido la mayor concentración de daño. Asimismo, en los edificios a base de muros estructurales también se considerará el entrepiso que presente mayor concentración de daño. En ambos casos, se determinará el valor de D_i para las direcciones larga y corta de la estructura (X y Y), en forma independiente.

b) Para el entrepiso donde se llevará a cabo la inspección y evaluación, si se trata de estructuras a base de marcos resistentes a momento, se definirá el número total de columnas existentes del nivel o entrepiso como A_0 y el número de columnas con posibilidad de revisarse como A. En caso de tratarse de estructuras a base de muros estructurales, la longitud total de los muros existentes se definirá como A_0 , y la longitud de muros con posibilidad de ser inspeccionadas como A.

c) En cada columna de una estructura de marcos resistentes a momento, y cada muro estructural de una estructura a base de muros, se evaluará y clasificará el tipo de daño (entre I y V, ver inciso 3). Posteriormente, el número de columnas con la misma clasificación de nivel de daño se denominará como B_i ; o bien, la longitud de muros con la misma clasificación del nivel de daño se denominará como B_i .

d) En base a los valores de A y B_i, se calcula el valor de D_i como se indica:

$$\begin{aligned}
 D_1 &= 10B_1/A && [\text{para } B_1/A \leq 0.5] && (3.2) \\
 &= 5 && [\text{para } B_1/A > 0.5] && (3.3) \\
 D_2 &= 26B_2/A && [\text{para } B_2/A \leq 0.5] && (3.4) \\
 &= 13 && [\text{para } B_2/A > 0.5] && (3.5) \\
 D_3 &= 60B_3/A && [\text{para } B_3/A \leq 0.5] && (3.6) \\
 &= 30 && [\text{para } B_3/A > 0.5] && (3.7) \\
 D_4 &= 100B_4/A && [\text{para } B_4/A \leq 0.5] && (3.8) \\
 &= 50 && [\text{para } B_4/A > 0.5] && (3.9) \\
 D_5 &= 1000B_5/7A && [\text{para } B_5/A \leq 0.35] && (3.10) \\
 &= 50 && [\text{para } B_5/A > 0.35] && (3.11)
 \end{aligned}$$

(cuando B₅/A > 0.5, se considerará que la estructura falló)

3) Clasificación del nivel de daño en columnas y muros estructurales

Tabla 3.1 Clasificación del Tipo de daño

Nivel de Daño de Columna, Viga o Muro Estructural	Descripción del Tipo de Daño en Columnas o Muros
I	Agrietamiento muy pequeño, no se distingue a simple vista (anchura de grieta menor a 0.2 mm)
II	Agrietamiento distinguible a simple vista (anchura de grieta entre 0.2 mm y 1.0 mm)
III	Aparecen grietas comparativamente grandes, en los casos extremos se presenta desprendimiento incipiente del concreto (anchura de grieta entre 1.00 y 2.00 mm)
IV	Aparición de gran cantidad de grietas anchas (grietas con anchura mayor a 2.00 mm). Desprendimiento severo del recubrimiento de concreto y exposición del refuerzo longitudinal
V	Pandeo del refuerzo longitudinal, aplastamiento del concreto del núcleo. A simple vista se aprecia deformación vertical en columnas (o bien, muros estructurales). Es característico observar fenómenos de asentamiento y/o desplomo. En algunos casos se puede observar falla por tensión del refuerzo longitudinal (fractura).

La clasificación del tipo de daño en sistemas estructurales a base de columnas, en marcos resistentes a momentos, y en muros de rigidez se realiza de acuerdo a la tabla 3.1. En caso de que en sistemas de marcos resistentes a momentos, las vigas presenten un nivel de daño mayor que el observado en las columnas, el nivel de daño de las columnas localizadas en ambos extremos de la viga dañada se considerará igual al de la viga dañada.

3.3.4 Evaluación de la clasificación del tipo de daño en edificios

Se considera como resultado final de la evaluación en un edificio, el mayor de los resultados parciales de nivel de daño, elaborado en el entrepiso de mayor concentración de deterioro para cada uno de los tipos de daño (asentamiento, desplomo o daño en los elementos estructurales).

3.4 Evaluación de la necesidad de refuerzo y rehabilitación

La necesidad de rehabilitar un edificio que ha sido dañado sísmicamente se determinará o evaluará considerando la clasificación del tipo de daño en el mismo, así como las características o intensidad del sismo de diseño en la zona donde se encuentra el edificio, como se presenta en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Consideraciones de Rehabilitación

Características o fuerza del sismo (intensidad según la AMJ)	Clasificación del Tipo de Daño				
	Ligero	Menor	Medio	Grave	Falla
Menor o igual a IV	⊕	∇	x	x	x
V	⊕	⊕	∇	x	x
Mayor o igual a VI	⊕	⊕	⊕	∇	x

- ⊕ : Rehabilitación por medio de reparación
- ∇ : Rehabilitación por medio de reparación y o refuerzo (es necesario realizar una inspección y evaluación detallada)
- x : Rehabilitación por medio de refuerzo, o demolición (se requiere una inspección e investigación detallada)
Para el procedimiento de inspección e investigación detallada, consultar la "Guía Técnica de Rehabilitación"
- AMJ : Agencia Meteorológica del Japón (escala de 0 a VI)

Comentarios

1) Durante la evaluación y clasificación del nivel de daño, es necesario revisar e inspeccionar todos los elementos estructurales dado que el objetivo de esta evaluación consiste en identificar la necesidad de rehabilitar una estructura. En los edificios de concreto reforzado (CR), se debe tener en cuenta que los elementos estructurales están cubiertos por acabados (pintura, yeso, etc.) lo cual dificulta la inspección e identificación directa del posible daño. En el caso de edificios a base de muros de CR, se debe distinguir un muro estructural de uno no-estructural.

Durante la inspección de campo para identificar el tipo de daño, se reconoce que es difícil hacerlo en algunos elementos estructurales y que existe la posibilidad de no poder inspeccionarlos todos. Así, si el número de elementos estructurales inspeccionados es reducido, los resultados pueden perder precisión y confiabilidad. Por esta razón, se establece que el porcentaje de inspección (definido, para el entrepiso en cuestión, por la relación entre el número de columnas inspeccionadas y el número total de columnas y para el caso de muros, estará definido por la relación entre la longitud de muros inspeccionados y la longitud total de muros en el piso) es deseable que sea mayor o igual al 50%. Cuando exista un porcentaje de inspección cercano o inferior al 50% y exista incertidumbre para decidir la necesidad de rehabilitar una estructura, se deberán considerar medidas adicionales, como por ejemplo el retiro de todos los acabados para realizar una estricta inspección del daño en todos los elementos considerados dentro del porcentaje de inspección. Cuando se emplea recubrimiento de mortero, se puede considerar que el estado del daño en la estructura es aproximadamente igual al estado de daño en el recubrimiento mismo. En las estructuras a base de marcos resistentes a momentos, si el claro o la longitud libre de las crujías es muy pequeño es posible que la mayor concentración de daño se presente en las columnas. Por lo tanto, se recomienda retirar parcial o totalmente los plafones o el recubrimiento del techo para facilitar una inspección adecuada. Cuando sea más notable el daño en la trabes, se puede anteponer la clasificación del daño en la trabe a la clasificación del daño en la columna. Por ejemplo, si el tipo de daño de una trabe se definió como III y el nivel de daño en los extremos de las columnas dicha trabe fue menor de III, se podrá modificar el nivel de daño de las columnas por el nivel de daño de las trabes.

2) Es recomendable realizar una inspección detallada cuando exista dificultad en diferenciar los niveles de daño, por encontrarse cerca de los límites entre las definiciones de los mismos. Es importante definir con precisión el nivel de daño para establecer la necesidad de refuerzo y rehabilitación.

3) En general, es difícil y costoso inspeccionar el sistema de cimentación. Si se observa la inclinación del edificio entero, aunque no se haya dañado la superestructura, es posible que el sistema de cimentación haya sufrido daño. En este caso, además de la evaluación del nivel de daño, se requiere hacer un comentario complementario sobre la necesidad de inspección e investigación detallada por especialistas de la estructura de cimentación.

APÉNDICE 1. FORMATO PARA INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN INMEDIATA DE EMERGENCIA DEL NIVEL DE PELIGRO Y RIESGO (PARA EDIFICIOS DE CONCRETO REFORZADO)

No. DE INMUEBLE _____

INSPECTOR	NOMBRE:		RESULTADO DE LA EVALUACIÓN	NIVEL DE RIESGO Y PELIGRO	SEGURO	PRECAUCIÓN	PELIGRO	OBSERVACIONES Y MEDIDAS RECOMENDADAS
	AFILIACIÓN:			EDIFICIO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
FECHA DE INSPECCIÓN	FECHA:	AÑO:	MES:	CAÍDA DE OBJETOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	DÍA:	HORA:		VOLCAMIENTO DE OBJETOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> PRIMERA INSPECCIÓN <input type="checkbox"/> SEGUNDA INSPECCIÓN <input type="checkbox"/> NÚMERO DE INSPECCIÓN [] VECES			POSIBILIDAD DE USARLO COMO ALBERGUE (EDIFICIOS PÚBLICOS) <input type="checkbox"/> POSIBLE <input type="checkbox"/> IMPOSIBLE					<input type="checkbox"/> PROHIBIDO EL ACCESO <input type="checkbox"/> PRECAUCIÓN AL ENTRAR <input type="checkbox"/> ACCESO POSIBLE
REPORTE AL USUARIO <input type="checkbox"/> EXISTE <input type="checkbox"/> POSTERIOR				NECESARIO ENTREVISTARSE CON LOS USUARIOS PARA INFORMAR SOBRE LAS MEDIDAS DE PRECAUCIÓN <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÍ				
DESCRIPCIÓN E INFORMACIÓN DEL EDIFICIO	NOMBRE DEL EDIFICIO							OBSERVACIONES
	DIRECCIÓN Y UBICACIÓN							
	DUEÑO O USUARIO DEL EDIFICIO		DIRECCIÓN: NOMBRE:		TELÉFONO:			
	USO DEL EDIFICIO	GENERAL	<input type="checkbox"/> OFICINAS <input type="checkbox"/> RESIDENCIAL <input type="checkbox"/> DEPARTAMENTOS <input type="checkbox"/> TIENDAS <input type="checkbox"/> FABRICAS <input type="checkbox"/> BODEGAS <input type="checkbox"/> OTROS ()					
		PÚBLICO	<input type="checkbox"/> ESCUELAS <input type="checkbox"/> GIMNASIO <input type="checkbox"/> JARDÍN DE NIÑOS <input type="checkbox"/> CENTROCOMUNITARIO <input type="checkbox"/> EDIFICIO GUBERNAMENTAL <input type="checkbox"/> HOSPITAL <input type="checkbox"/> OTROS ()					
	TIPO DE CONSTRUCCIÓN		<input type="checkbox"/> COMPUESTA ACERO-CONCRETO <input type="checkbox"/> CONCRETO REFORZADO <input type="checkbox"/> MAMPOSTERÍA <input type="checkbox"/> CONCRETO PRECOLADO					
	SISTEMA ESTRUCTURAL		<input type="checkbox"/> MARCOS RESISTENTES A MOMENTO <input type="checkbox"/> MUROS ESTRUCTURALES <input type="checkbox"/> OTROS ()					
	DIMENSIONES DEL EDIFICIO	NÚMERO DE NIVELES	SUPERESTRUCTURA: ___ PISOS, PH: ___ PISOS, SÓTANO: ___ PISOS					
		PLANTA	___ PISO, APROXIMADAMENTE ___ (m) x ___ (m)					
	CONFIGURACIÓN DEL SUELO Y TERRENO		<input type="checkbox"/> TERRENO PLANO <input type="checkbox"/> TERRENO INCLINADO <input type="checkbox"/> ALTIPLANO <input type="checkbox"/> HONDONADA					
CONFIGURACIÓN DEL SUELO EN LA VICINIDAD		<input type="checkbox"/> CAÑÓN A ___ m, <input type="checkbox"/> RÍO / MAR / LAGO / PÁNTANO A ___ m						
MATERIALES DE ACABADO EXTERIOR		<input type="checkbox"/> CONCRETO <input type="checkbox"/> MORTERO <input type="checkbox"/> AZULEJO <input type="checkbox"/> PIEDRA <input type="checkbox"/> MUROS PRECOLADOS <input type="checkbox"/> PANELES PREFABRICADOS <input type="checkbox"/> BLOQUES <input type="checkbox"/> PANELES DE CONCRETO LIGERO <input type="checkbox"/> OTROS ()						
INSPECCIÓN DEL EXTERIOR (SE REALIZA EN TODOS LOS EDIFICIOS)	ASPECTOS DE INSPECCIÓN E INVESTIGACIÓN	MÉTODO DE INSPECCIÓN E INVESTIGACIÓN, OBJETO DAÑO	NIVEL A DE DAÑO	NIVEL B DE DAÑO	NIVEL C DE DAÑO			
	DESPLOMO DEL EDIFICIO	DESPLOMO DEBIDO A ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES	<input type="checkbox"/> < 1" (1/60)	<input type="checkbox"/> 1"-2" (1/60 - 1/30)	<input type="checkbox"/> ≥ 2" (1/30)			
	ASENTAMIENTO DEL EDIFICIO	ASENTAMIENTO TOTAL POR FALLA DEL SUBSUELO	<input type="checkbox"/> < 0.2 m	<input type="checkbox"/> 0.2 - 1.0 m	<input type="checkbox"/> ≥ 1.0 m			
	FALLA EN COLUMNAS EXTERIORES DE EDIFICIOS A BASE DE MARCOS RESISTENTES A MOMENTO (PORCENTAJE DE COLUMNAS INVESTIGADAS = %)	(NÚMERO DE COLUMNAS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA IV) / (NÚMERO DE COLUMNAS EXTERIORES INVESTIGADAS)	<input type="checkbox"/> < 10 (%)	<input type="checkbox"/> 10 - 20 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 20 (%)			
		(NÚMERO DE COLUMNAS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA V) / (NÚMERO DE COLUMNAS EXTERIORES INVESTIGADAS)	<input type="checkbox"/> < 1 (%)	<input type="checkbox"/> 1 - 10 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 10 (%)			
		CUANDO A SIMPLE VISTA SE PUEDE CATALOGAR CON NIVEL C	<input type="checkbox"/> _____			
	FALLA EN MUROS EXTERIORES DE EDIFICIOS A BASE DE MUROS ESTRUCTURALES (PORCENTAJE DE MUROS INVESTIGADOS = %)	(LONGITUD TOTAL DE MUROS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA IV) / (LONGITUD TOTAL DE MUROS EXTERIORES INVESTIGADOS)	<input type="checkbox"/> < 10 (%)	<input type="checkbox"/> 10 - 20 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 20 (%)			
		(LONGITUD TOTAL DE MUROS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA V) / (LONGITUD TOTAL DE MUROS EXTERIORES INVESTIGADOS)	<input type="checkbox"/> < 1 (%)	<input type="checkbox"/> 1 - 10 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 10 (%)			
CUANDO A SIMPLE VISTA SE PUEDE CATALOGAR CON NIVEL C		<input type="checkbox"/> _____				
CONCLUSIÓN, RESUMEN	EXISTENCIA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON NIVEL DE DAÑO SUPERIOR A III: <input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL A ___	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL B ___	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL C ___				
DESPRENDIMIENTO Y CAÍDA DE OBJETOS	<input type="checkbox"/> DAÑOS EN VIDRIOS DE VENTANAS	<input type="checkbox"/> < 1 (%)	<input type="checkbox"/> 1 - 10 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 10 (%)				
	<input type="checkbox"/> DAÑOS EN ACABADO EXTERIOR <input type="checkbox"/> MORTERO <input type="checkbox"/> AZULEJOS <input type="checkbox"/> PIEDRA	<input type="checkbox"/> DAÑO MENOR	<input type="checkbox"/> AGRIETAMIENTO Y SEPARACIÓN PARCIAL	<input type="checkbox"/> AGRIETAMIENTO SEPARACIÓN Y CAÍDA				

ASPECTOS DE INSPECCIÓN E INVESTIGACIÓN		MÉTODO DE INSPECCIÓN E INVESTIGACIÓN, OBJETO MODELO	NIVEL A DE DAÑO	NIVEL B DE DAÑO	NIVEL C DE DAÑO
DESPRENDIMIENTO Y CAÍDA DE OBJETOS	<input type="checkbox"/> DAÑOS EN ACABADO EXTERIOR <input type="checkbox"/> CONCRETO PREFABRICADO <input type="checkbox"/> PANELES DE CONCRETO LIGERO <input type="checkbox"/> BLOQUES		<input type="checkbox"/> OBSERVACIÓN VISUAL DE GRIETAS	<input type="checkbox"/> GRIETAS IMPORTANTES, SE OBSERVA EL OTRO LADO DEL PANEL	<input type="checkbox"/> MOVIMIENTO RELATIVO EN LA GRIETA, FALLA DEL PANEL
	<input type="checkbox"/> PASILLO Y BALCÓN <input type="checkbox"/> PARAPETO <input type="checkbox"/> PUBLICIDAD EN LAS AZOTEAS <input type="checkbox"/> TINACOS <input type="checkbox"/> CUARTOS DE MÁQUINAS E INSTALACIONES <input type="checkbox"/> SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO <input type="checkbox"/> TORRES DE ENFRIAMIENTO <input type="checkbox"/> PENTHOUSE <input type="checkbox"/> CHIMENEA DE AZOTEA <input type="checkbox"/> OTROS ()		<input type="checkbox"/> SIN DESPLOMO <input type="checkbox"/> SIN DESPLOMO	<input type="checkbox"/> DESPLOMO LEVE <input type="checkbox"/> DESPLOMO LEVE	<input type="checkbox"/> DESPLOMO NOTABLE <input type="checkbox"/> DESPLOMO NOTABLE
CONCLUSIÓN Y RESUMEN			NÚMERO DE CASOS CON NIVEL A ____	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL B ____	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL C ____
VOLCADURA DE OBJETOS	<input type="checkbox"/> ESCALERA EXTERIOR <input type="checkbox"/> TERRAZA DE BLOQUES <input type="checkbox"/> DEPÓSITOS DE COMBUSTIBLE <input type="checkbox"/> MÁQUINAS VENDEDORAS AUTOMÁTICAS <input type="checkbox"/> OTROS ()		<input type="checkbox"/> SIN DESPLOMO <input type="checkbox"/> SIN DESPLOMO <input type="checkbox"/> EXISTE FIJACIÓN <input type="checkbox"/> EXISTE FIJACIÓN <input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> DESPLOMO LEVE <input type="checkbox"/> DESPLOMO LEVE <input type="checkbox"/> NO EXISTE FIJACIÓN <input type="checkbox"/> NO EXISTE FIJACIÓN <input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> DESPLOMO NOTABLE <input type="checkbox"/> DESPLOMO NOTABLE <input type="checkbox"/> DESPLOMO NOTABLE <input type="checkbox"/> DESPLOMO NOTABLE <input type="checkbox"/> _____
	CONCLUSIÓN Y RESUMEN			NÚMERO DE CASOS CON NIVEL A ____	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL B ____
FALLA EN COLUMNAS INTERIORES DE EDIFICIOS A BASE DE MARCOS RESISTENTES A MOMENTO (PORCENTAJE DE COLUMNAS INVESTIGADAS = %)	$\frac{\text{NÚMERO DE COLUMNAS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA IV}}{\text{NÚMERO DE COLUMNAS INTERIORES INVESTIGADAS}}$		<input type="checkbox"/> < 10 (%)	<input type="checkbox"/> 10 - 20 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 20 (%)
	$\frac{\text{NÚMERO DE COLUMNAS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA V}}{\text{NÚMERO DE COLUMNAS INTERIORES INVESTIGADAS}}$		<input type="checkbox"/> < 1 (%)	<input type="checkbox"/> 1 - 10 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 10 (%)
	CUANDO A SIMPLE VISTA SE PUEDE CATALOGAR CON NIVEL C		<input type="checkbox"/> _____
FALLA EN MUROS INTERIORES DE EDIFICIOS A BASE DE MUROS ESTRUCTURALES (PORCENTAJE DE MUROS INVESTIGADOS = %)	$\frac{\text{LONGITUD TOTAL DE MUROS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA IV}}{\text{LONGITUD TOTAL DE MUROS INTERIORES INVESTIGADOS}}$		<input type="checkbox"/> < 10 (%)	<input type="checkbox"/> 10 - 20 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 20 (%)
	$\frac{\text{LONGITUD TOTAL DE MUROS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA V}}{\text{LONGITUD TOTAL DE MUROS INTERIORES INVESTIGADOS}}$		<input type="checkbox"/> < 1 (%)	<input type="checkbox"/> 1 - 10 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 10 (%)
	CUANDO A SIMPLE VISTA SE PUEDE CATALOGAR CON NIVEL C		<input type="checkbox"/> _____
CONCLUSIÓN Y RESUMEN		EXISTENCIA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON NIVEL DE DAÑO SUPERIOR A III. <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL A ____	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL B ____	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL C ____
PELIGRO Y RIESGO DE VOLCAMIENTO Y CAÍDA DE OBJETOS	<input type="checkbox"/> ACABADO DE TECHOS <input type="checkbox"/> EQUIPO DE ILUMINACIÓN EN TECHOS <input type="checkbox"/> PLAFÓN Y DOMOS EN TECHOS <input type="checkbox"/> INSTALACIONES DE GIMNASIO EN MUROS Y TECHOS <input type="checkbox"/> MUROS DIVISORIOS <input type="checkbox"/> ESCALERAS INTERIORES <input type="checkbox"/> OTROS ()		<input type="checkbox"/> COMPLETAMENTE SANO <input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> INCIERTO <input type="checkbox"/> INCIERTO <input type="checkbox"/> INCIERTO <input type="checkbox"/> INCIERTO <input type="checkbox"/> INCIERTO <input type="checkbox"/> INCIERTO <input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> EXISTE PELIGRO DE CAÍDA DE OBJETOS <input type="checkbox"/> _____
	CONCLUSIÓN Y RESUMEN			NÚMERO DE CASOS CON NIVEL A ____	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL B ____
EDIFICIOS COLINDANTES (INSPECCIÓN DE EDIFICIOS INICIANDO CON EDIFICIOS PÚBLICOS)	RIESGO DEBIDO A COLISIÓN CON EDIFICIOS COLINDANTES		<input type="checkbox"/> SIN RIESGO	<input type="checkbox"/> INCIERTO	<input type="checkbox"/> RIESGOSO
	ESTRUCTURAS AJENAS AL EDIFICIO EN CUESTIÓN		<input type="checkbox"/> SIN RIESGO	<input type="checkbox"/> INCIERTO	<input type="checkbox"/> RIESGOSO
INSTALACIONES:	ELÉCTRICAS <input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NO	SUMINISTRO DE AGUA <input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NO	GAS <input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NO	SERVICIO SANITARIO <input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NO	

"Aspectos importantes incluidos en el Formato de Inspección para Evaluación Inmediata de Emergencia del Nivel de Daño" (se indicará dentro del cuadro [] en el concepto más cercano a la situación real).

(1) Evaluación considerando el edificio

1) Se definirá como "peligro", cuando se tenga al menos un "nivel de daño C", o al menos dos "nivel de daño B".

2) Se definirá como "precaución", cuando se tengan al menos un "nivel de daño B", o cuando algún elemento estructural presente un nivel de daño y pérdida mayor o igual a "nivel de daño y pérdida III".

3) Se cataloga como "seguro" cuando no se presenta ninguna indicación relevante de "peligro" o "precaución", además no se presenta daño estructural mayor o igual a "nivel de daño y pérdida III".

(2) Evaluación respecto a volcamiento y caída de objetos

1) Se definirá como "peligro", cuando se tengan al menos un "nivel de daño C", o al menos dos "nivel de daño B".

2) Se definirá como "precaución", cuando se tenga al menos un "nivel de daño B".

3) Se cataloga como "seguro" cuando no se tenga ninguna indicación relevante de "peligro" o "precaución".

(3) Respecto a los tres aspectos primarios (estructura, volcamiento y caída de objetos), se deberá realizar una evaluación calificándolos dentro de cualquiera de los rubros siguientes: "peligro", "precaución" o "seguro"

(4) Respuesta inmediata de emergencia con base en los resultados de la evaluación

1) Se deberá colocar la indicación "prohibido el acceso", cuando el edificio se ha catalogado con "peligro".

2) Cuando las entradas de los edificios o en las partes aledañas y sobre las mismas se han calificado con "peligro" ante el volcamiento y caída de objetos, se deberá colocar la indicación "prohibido el acceso". En cuanto a la zona de riesgo o peligro ante la caída de objetos, se puede consultar la figura reportada en el formato de inspección.

3) Cuando zonas allegadas de las entradas de los edificios se han calificado con "peligro" ante la posibilidad de volcamiento y caída de objetos, se deberá colocar la leyenda "prohibido el acceso" en dichas zonas y su vecindad. (Se deberá comentar e indicar la zonas de acceso prohibido en las observaciones dentro del formato de la inspección).

4) Se deberá colocar la leyenda "acceso con precaución", cuando cualquier zona dentro y fuera del edificio se ha calificado con "precaución" ante la evaluación del estado del edificio, volcamiento y caída de objetos.

5) En caso de no recomendarse ninguna leyenda de "prohibido el acceso" o "acceso con precaución", se deberá colocar la leyenda "acceso permitido".

(5) Inspección e investigación

1) La inspección se realizará en el nivel o entrepiso donde se considere se haya concentrado la mayor cantidad y nivel de daño.

2) Se podrá resumir o eliminar la inspección del interior del edificio, cuando sea posible realizar la evaluación basándose únicamente en la inspección exterior.

3) En el caso de edificios públicos, será estrictamente necesario la realización de ambas inspecciones. Para edificios públicos contemplados como posibles albergues, además de tener especial cuidado en la inspección interior, se deberán revisar las condiciones de suministro de líneas vitales, como son energía eléctrica, agua potable, gas y servicio sanitario.

4) En el caso de edificios en general, la inspección interior podrá realizarse practicando un cuestionamiento al usuario o dueño del inmueble.

5) Cuando a simple vista se identifica daño severo (volcamiento, daño severo y colapso, desplomo importante, etc), se deberá especificar en observaciones el tipo de daño de que se trate, y se podrá resumir la inspección omitiendo algunos de los puntos presentados en los formularios para inspección interna y externa.

6) Respecto a la clasificación de daño y pérdida en elementos estructurales (III, IV, V), se podrá seguir lo indicado en el punto (7) de estos comentarios y lo indicado en las figuras anexas; el inspector deberá calificar adecuadamente en el sitio.

7) Cuando se observa daño y pérdida en la unión de elementos en estructuras precoladas, la inspección se realizará en base a la clasificación de daño y pérdida empleada para columnas, en estructuras de marcos resistentes a momento, y en muros, de sistemas a base de muros estructurales, de estructuras de concreto reforzado.

8) La definición de porcentaje de columnas y muros inspeccionados, se hará para el entrepiso inspeccionado, considerando por separado los elementos exteriores e interiores "número de columnas inspeccionadas, así como la longitud de muro inspeccionada", dividiendo estos valores por los valores interior y exterior (número total de columnas y número total de muros). También, si a simple vista se identifica la condición estructural con nivel de daño C, deberá establecerse en el reporte.

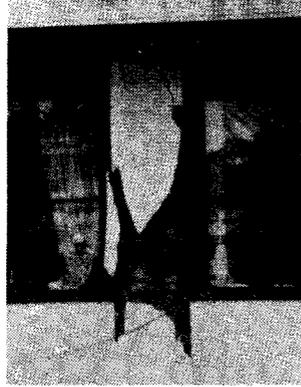
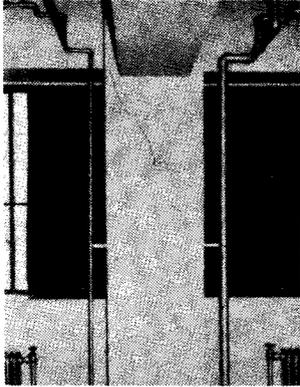
(6) Para clasificar el nivel de daño y pérdida en elementos estructurales (III, IV, V) se podrá referir a las "características de la condición de daño y falla"

“Nivel de daño y pérdida III” aparece agrietamiento comparativamente severo (ancho de grieta aproximadamente 2mm); sin embargo, el desprendimiento y caída del concreto es prácticamente nula (degradación despreciable de la resistencia para soportar cargas laterales, completamente sano en cuanto a la capacidad a soportar cargas verticales).

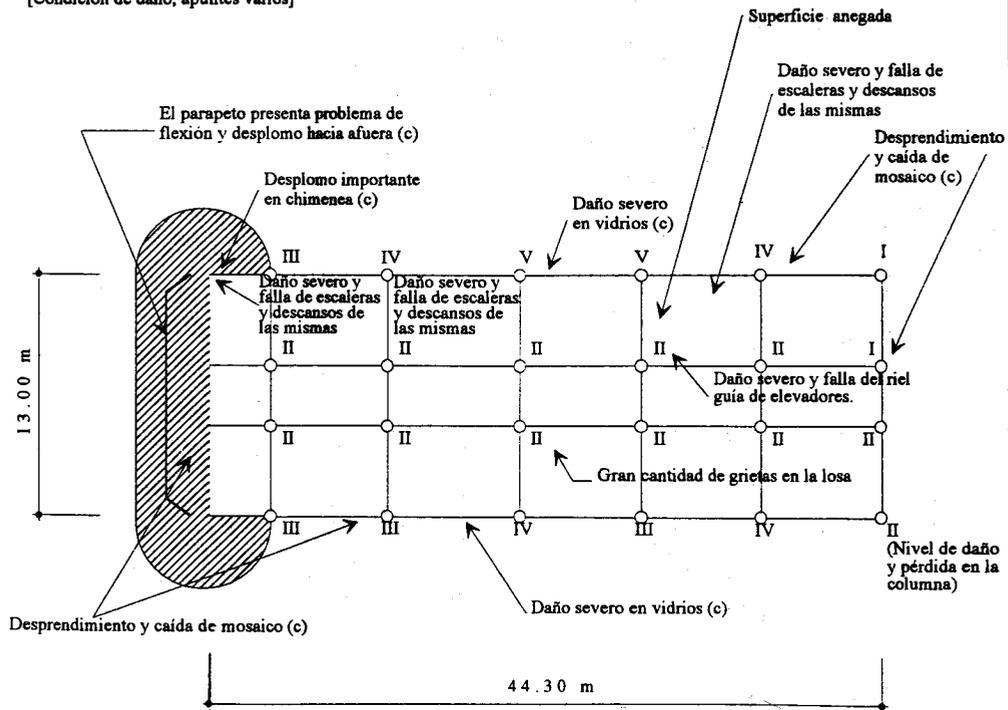
“Nivel de daño y pérdida IV” agrietamiento severo generalizado (ancho de grieta mayor o igual a 2mm), severo desprendimiento y caída del concreto con exposición importante de acero de refuerzo (degradación importante de la capacidad a soportar cargas laterales, despreciable disminución de la capacidad a soportar cargas verticales).

“Nivel de daño y pérdida V” pandeo y falla por tensión en el acero de refuerzo. Desprendimiento importante del concreto siguiendo la superficie de falla. Aparición de deformación axial en columnas. Pandeo en estructura de ventanales de muros exteriores y asentamientos en losas (degradación importante de capacidad ante fuerzas verticales y laterales).

Ejemplo de nivel de daño-III Ejemplo de nivel de daño-IV Ejemplo de nivel de daño-V



[Condición de daño, apuntes varios]



PLANO GENERAL DEL TERCER NIVEL A AZOTEA

- * La inspección de daño y pérdida, se realizó en el tercer nivel.
- * Existe un balcón de aproximadamente 80 cm en las partes Norte y Sur.

La vecindad con peligro o riesgo de caída de objetos está indicada con ashurado.

“Comentarios sobre el formato de investigación para evaluación inmediata del nivel de riesgo y peligro”

1. Asentamiento y desplomo en estructuras

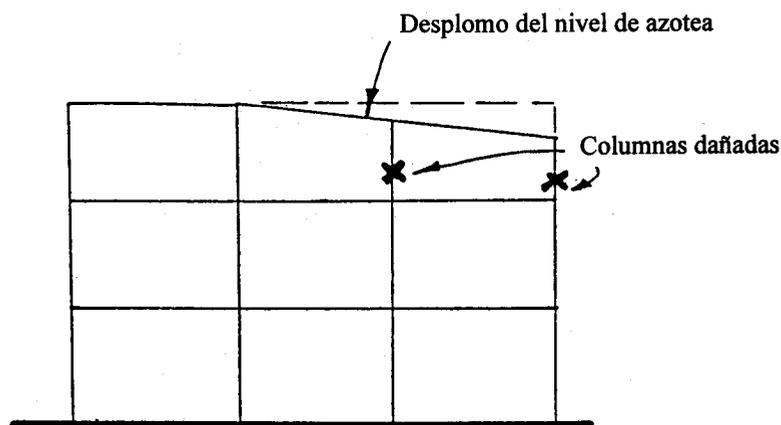
La falla de estructuras de cimentación como zapatas, pilotes y losas corridas, que presenten problemas de hundimiento estructural respecto a la superficie original del suelo, como se muestra en la figura A.1, es una condición de daño que se define como “asentamiento del edificio”. En el caso que la estructura presente asentamientos diferenciales, provocando inclinación de la misma, es una condición de daño que se define como “desplomo del edificio”. Es común el observar la aparición conjunta de problemas de asentamiento y desplomo en edificios.



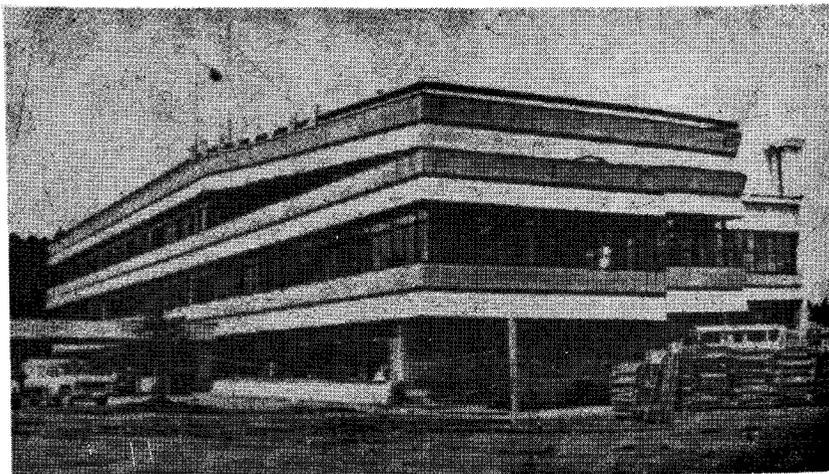
Figura A.1 Ejemplo de daño por asentamiento y desplomo total

El desplomo en un edificio, además puede representar la falla de algunos elementos de la superestructura como son vigas, columnas y muros estructurales; así en las figuras A.2 (a) - (f), se muestran algunas partes de la estructura o la estructura en su conjunto con inclinación, ya sea en el plano o en elevación. En este tipo de casos, donde la falla ocurre por inclinación individual de los elementos estructurales, también se clasifica la condición de daño como “desplomo del edificio”.

La medición de asentamientos y/o desplomo en una estructura, generalmente se realiza a simple vista, en caso de que exista algún equipo de medición simple o se podrá emplear algún otro procedimiento aceptable. Cuando el desplomo de un edificio sea del orden de 1 a 2 grados, el desplazamiento horizontal del mismo por desplomo será entre 1/60 y 1/30 veces la altura del edificio. Es decir, considerando la altura libre de entrepiso regularmente empleada en las estructuras actuales de aproximadamente 3.5 m, el desplazamiento horizontal producto del desplomo será entre 6 y 12 cm. Cuando el desplomo del edificio sea mayor que dos grados (figura A.3), o bien el asentamiento en alguna de las esquinas del edificio sea mayor a 1.0 m (figura A.4), será fácil, basándose en una apreciación visual exterior, evaluar como de alto riesgo la condición de estabilidad de la estructura.

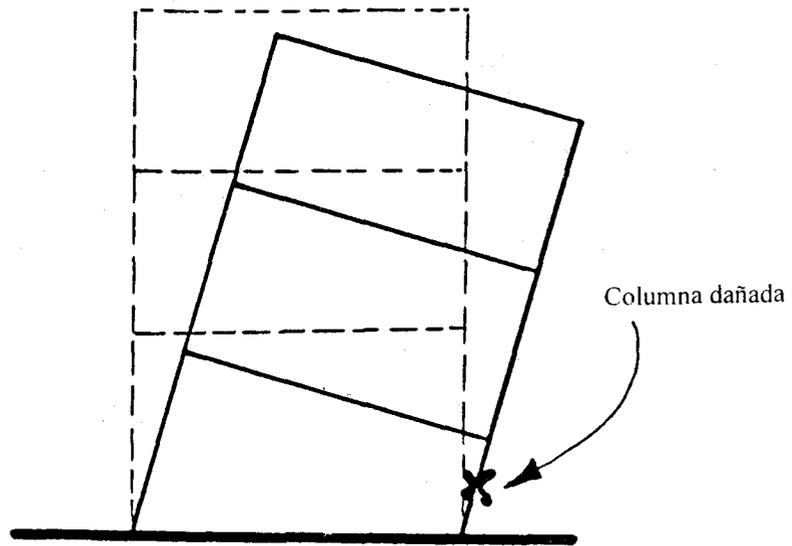


(a) Plano descriptivo del desplome (desplome de una parte del edificio por falla en columnas)



(b) Ejemplo de daño por desplome parcial del tercer nivel

Figura A.2 Ejemplos de daño por desplomo parcial o local

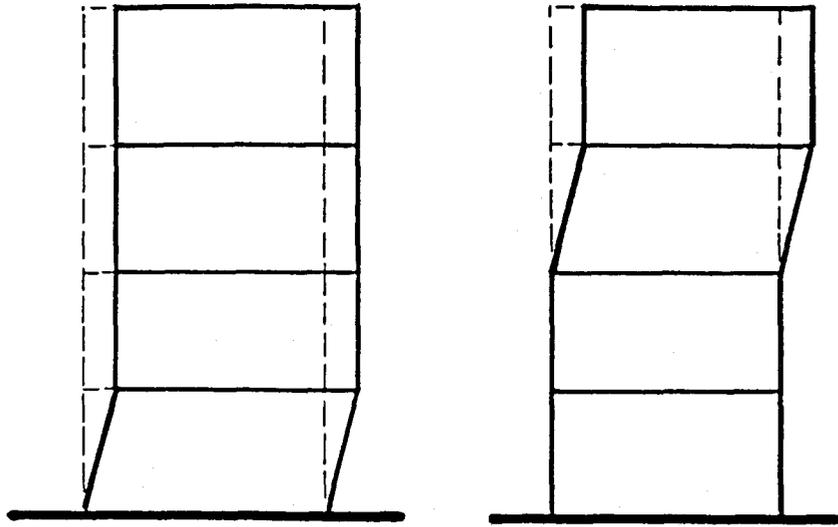


(c) Plano descriptivo del desplome parcial por falla de la columna del tercer nivel



(d) Ejemplo de daño de desplome parcial por falla de la columna del primer nivel

Figura A.2 Ejemplos de daño por desplomo parcial o local



(e) Plano descriptivo del desplome parcial producto del desplome de columnas



(f) Ejemplo de daño de grandes desplazamientos horizontales por daño severo en columnas

Figura A.2 Ejemplos de daño por desplomo parcial o local

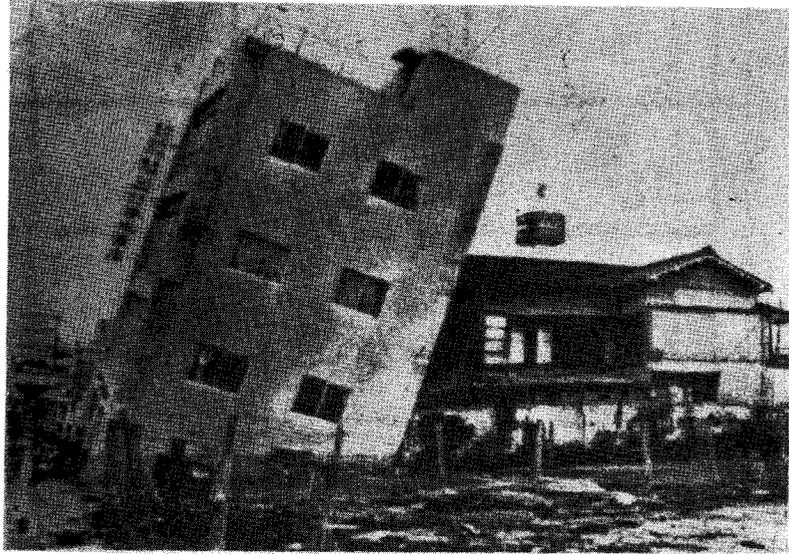


Figura A.3 Ejemplo de daño de un edificio con desplomo mayor a 2 grados de inclinación total

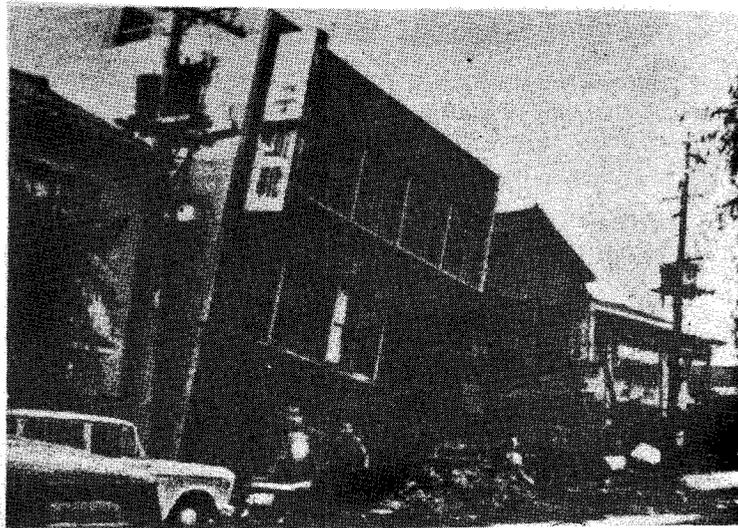


Figura A.4 Ejemplo de un edificio cuyo asentamiento es superior a 1.0 m

2. Nivel de daño en elementos estructurales

Cuando más del 10% de los elementos estructurales verticales en sistemas estructurales a base de marcos resistentes a momentos o en sistemas a base de muros estructurales, presentan daño que les reporten deformaciones permanentes (nivel de daño V), y el sistema de piso que se apoya en estos elementos verticales presente asentamientos o deformaciones verticales cercanas a un estado de desplomo, la estructura no tendrá resistencia suficiente ante fuerzas laterales para soportar una réplica del evento principal. También, en algunos casos en que el nivel de daño en columnas y muros estructurales reporte deformaciones permanentes en los mismos, hará pensar que la capacidad de estos elementos a soportar el sistema de piso está seriamente afectada. En estructuras en condiciones como la expresada, será posible que, producto de una investigación o revisión exterior pueda ser evaluada como estructura con condición estructural de "peligro" (figura A.5). En la mayoría de los casos como éste, la evaluación prácticamente la podrán realizar los habitantes del inmueble.

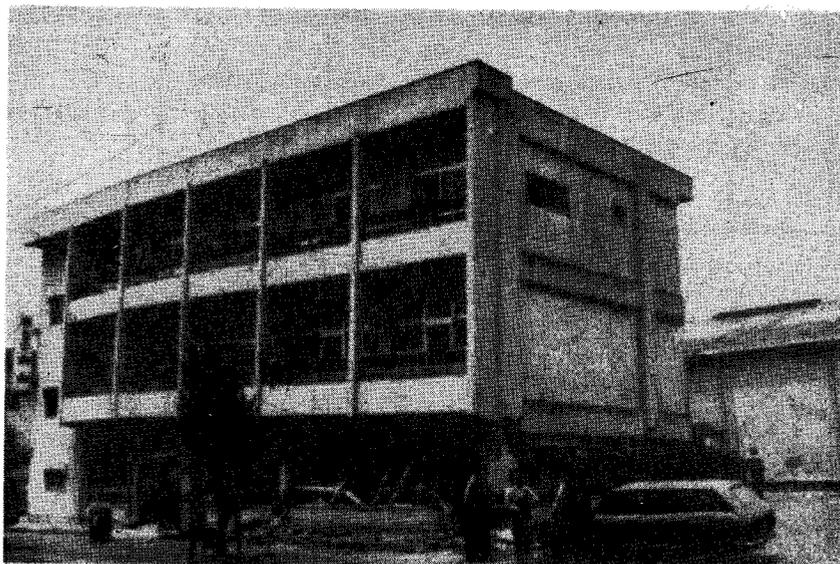


Figura A.5 Ejemplo de daño cuando más del 10% de las columnas de un nivel presentan daño con deformación permanente

Cuando se va a determinar el nivel de daño de una columna o un muro estructural, se deberá considerar principalmente el nivel y el sentido que presente mayor concentración de daño; conjuntamente, en una estructura a base de marcos resistentes a momento se deberá concentrar la atención en las columnas; en una estructura a base de muros estructurales se deberá concentrar la atención en los muros, sobre todo en los exteriores. En ambos casos, la investigación e inspección deberá enfocarse a definir la existencia de, entre otros aspectos: 1) agrietamiento en el concreto, 2) falla en el concreto por aplastamiento, 3) pandeo y falla por tensión en el acero de refuerzo longitudinal.

En estructuras de concreto reforzado cuyos elementos resistentes ante cargas laterales sean principalmente muros estructurales, se cataloga como muro estructural exterior a aquellos elementos que tengan una anchura mayor o igual a 45 cm. Igualmente para muros interiores, se catalogan como muros estructurales aquellos que tengan una anchura mayor o igual a 45 cm. Sin embargo, deberá considerarse en la inspección e investigación la longitud de todos los muros. En general será difícil diferenciar entre muros estructurales y los que no lo son, por lo que será necesario tener especial cuidado en este aspecto.

Cuando se determine el nivel de daño en columnas y/o muros estructurales, si los elementos estructurales del nivel inmediato inferior al revisado presentan un nivel de daño IV, el nivel de daño de los elementos del nivel en estudio se asumirá igual a IV.

La definición de los niveles de daño para columnas y/o muros estructurales es como sigue: "aplastamiento" cuando el concreto presenta agrietamiento o indicios de falla por aplastamiento, condición ante la que si se golpea el elemento estructural el concreto se puede desprender; "desprendimiento y caída" debido a falla por aplastamiento o agrietamiento severo, el concreto se desprende y cae. Como referencia, en las figuras A.6 y A.7 se presentan fenómenos de aplastamiento y desprendimiento y caída de concreto precedidos de agrietamiento en el elemento estructural. La clasificación, nivel y contenido del daño en columnas y muros para cada caso se muestra.

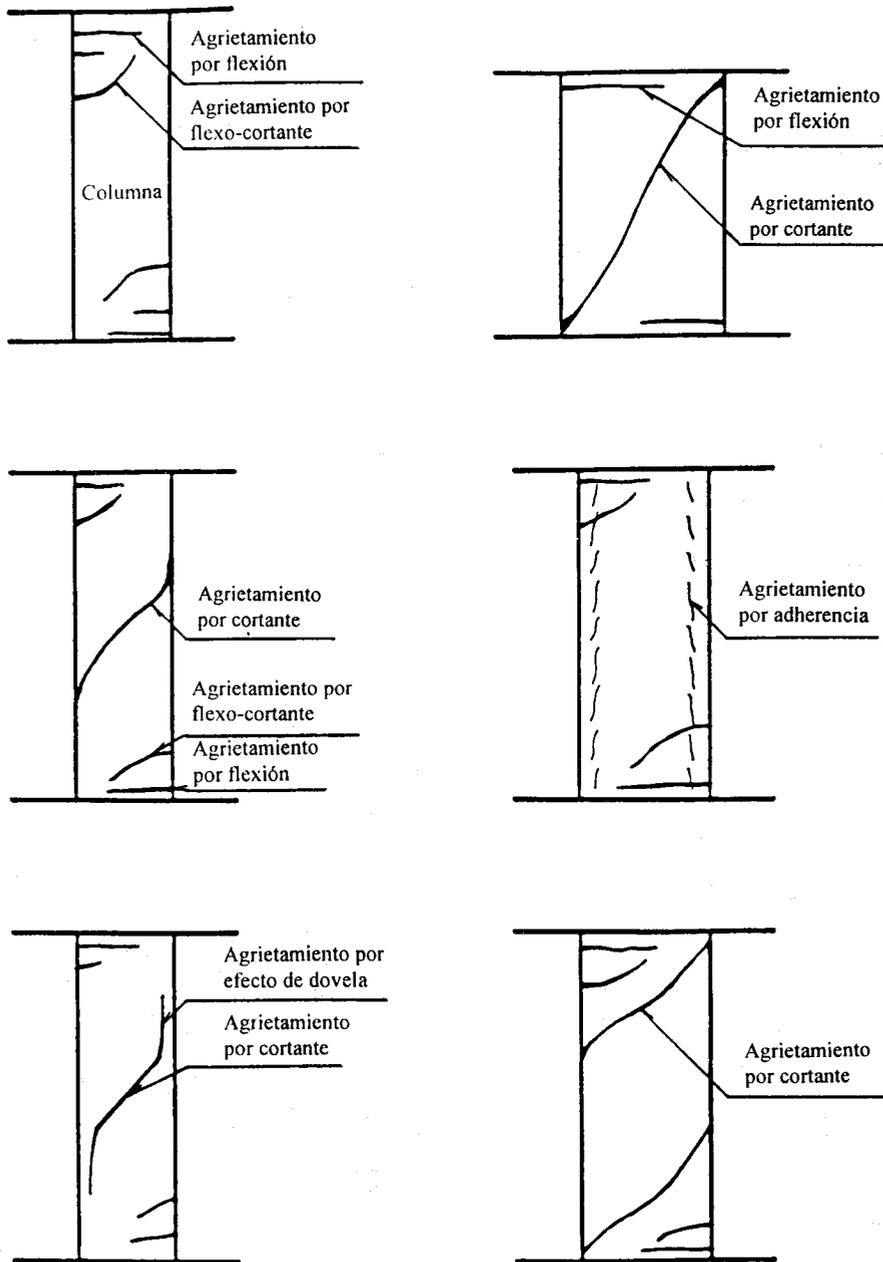


Figura A.6 Patrón de agrietamiento

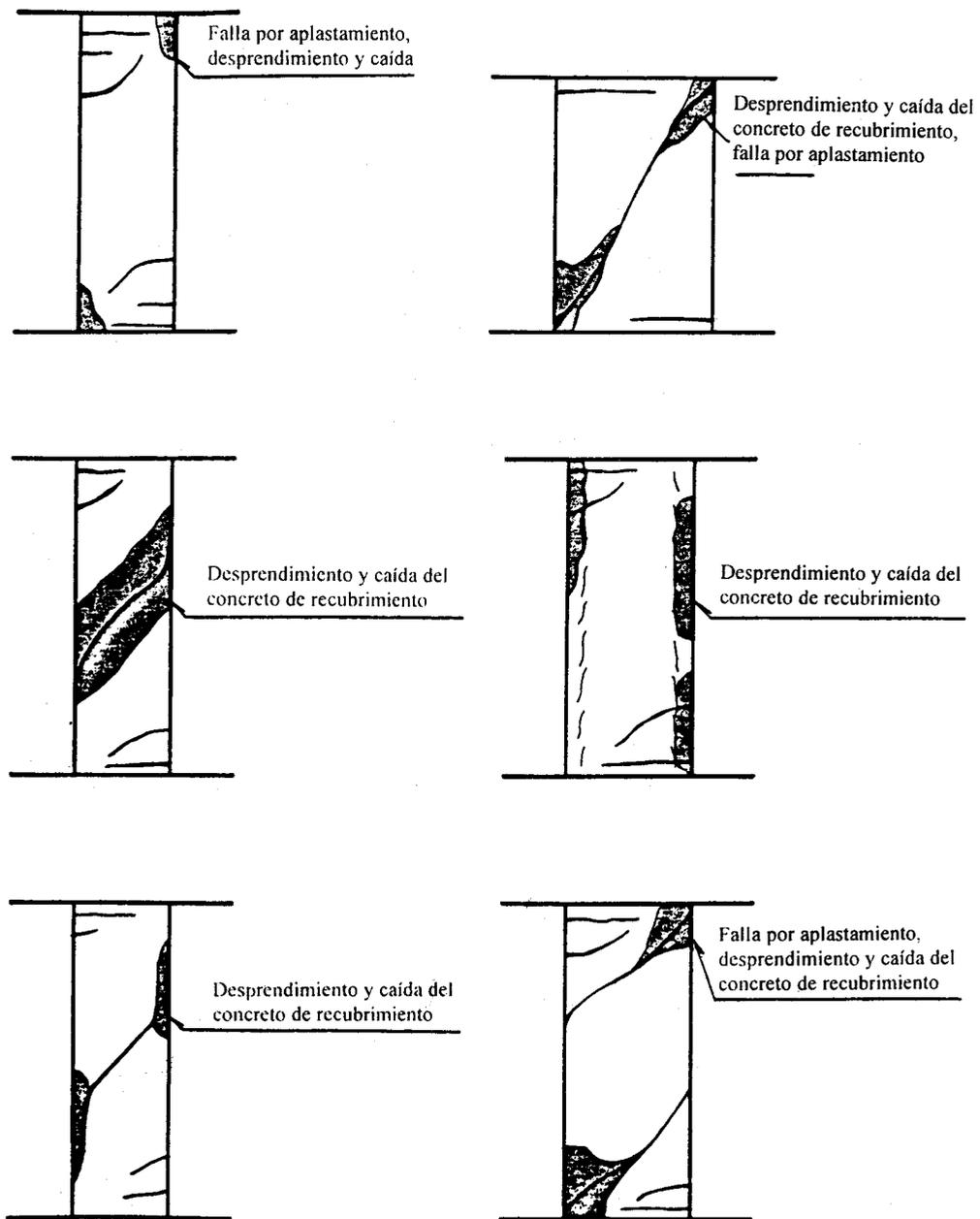
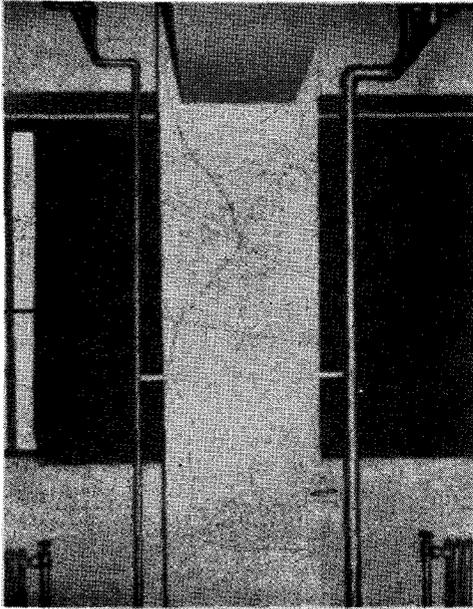


Figura A.7 Patrón de fenómeno de aplastamiento y desprendimiento y caída del concreto, posteriores al agrietamiento

(1) Nivel de daño III (figura A.8)

Se define este nivel de daño cuando en la parte media de la altura de columnas y/o muros estructurales se presentan grietas diagonales de abertura aproximada entre 1 y 2 mm. Este tipo de agrietamiento sobresale a simple vista. Aun existiendo desprendimiento del concreto en los extremos de las columnas, el daño no es suficientemente severo para la aparición de pérdida de adherencia entre el acero de refuerzo longitudinal y el concreto del núcleo. Aun existiendo exposición del acero de refuerzo longitudinal, éste no presentará problemas de pandeo o deformaciones apreciables. El agrietamiento observado en el concreto de la parte media de los elementos estructurales columna y/o muro será diagonal y en gran cantidad, denominándosele agrietamiento por cortante. Aunque exista aplastamiento en el concreto, desprendimiento y caída del concreto o agrietamiento diagonal, con las características antes mencionadas, este elemento estructural se considera que no ha sufrido una degradación notable y brusca en su capacidad a soportar cargas laterales.



(a) Aparición de agrietamiento diagonal en forma de X en columna, el ancho de grieta es aproximadamente 2 mm.



(b) Existe un desprendimiento y caída apreciable del concreto empleado en los acabados; sin embargo, no hay gran desprendimiento del concreto del elemento estructural. Existe escasa exposición del acero de refuerzo longitudinal sin deformaciones apreciables.

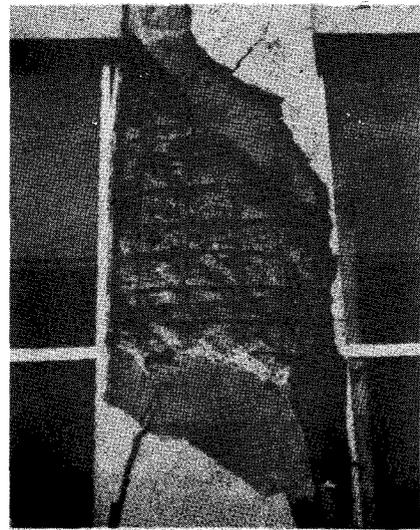
Figura A.8 Ejemplo de un nivel de daño tipo III

(2) Nivel de daño IV (figura A.9)

Rompimiento y falla ligera del concreto con desprendimiento y caída del mismo; es una falla donde el acero de refuerzo longitudinal presenta gran exposición. El ancho de las grietas excede los 2 mm. Es obvia la dificultad de medir la anchura de las grietas si ocurrió desprendimiento y caída del concreto, por lo que la evaluación del nivel de daño se hace tomando en cuenta la condición del estado de falla por aplastamiento y desprendimiento y caída del concreto del elemento estructural. Cuando se presentan grandes deformaciones o pandeo en el acero de refuerzo longitudinal, siguiendo una distribución similar a la del agrietamiento diagonal, ocurre un presenta gran desprendimiento y caída del concreto en una zona mayor a la anchura de la columna, con exposición del acero de refuerzo longitudinal. En estos casos el acero de refuerzo transversal (sobre todo el de la parte central de la columna) puede haber fallado por tensión, o bien el gancho se puede abrir. Se puede considerar que los elementos con este tipo y nivel de daño, ya alcanzaron su capacidad a resistencia máxima, y se puede pensar que presentan o presentarán degradación en su resistencia. El grado o nivel de daño pudiera incrementarse ante la incidencia de una réplica del evento principal, provocando degradación en la capacidad de soportar las cargas verticales a las que está sujeto el elemento.



(a) Desprendimiento y caída del concreto en la parte superior de la columna, exposición del acero de refuerzo longitudinal en una zona relativamente grande. Agrietamiento severo paralelo al refuerzo longitudinal, que se extiende hasta la parte central de la columna.



(b) Severo desprendimiento y caída del concreto, exposición del acero de refuerzo longitudinal en una zona grande.

Figura A.9 Ejemplo de un nivel de daño tipo IV

(3) Nivel de daño V (figura A.10)

Doblez y pandeo en el acero de refuerzo longitudinal de columnas y/o muros estructurales, falla y desprendimiento del concreto del núcleo, daño con proporciones tales que alcanza a generar deformaciones verticales de consideración en el elemento. Una característica de este nivel de daño es el asentamiento y desplomo en los sistemas de piso. Se observa de modo generalizado y abundante degradación, desprendimiento y caída del concreto del núcleo (concreto que está dentro de la región limitada por el acero de refuerzo longitudinal y transversal), pandeo y falla por tensión del acero de refuerzo longitudinal. Se puede pensar que la resistencia del elemento a soportar cargas sísmicas laterales ha sufrido gran degradación; también, la capacidad a soportar cargas verticales tiende a ser despreciable.



(a) Doblez del acero de refuerzo longitudinal, degradación y desprendimiento del concreto en el núcleo, se aprecia la aparición de deformación vertical en la columna.

(b) Aparición de agrietamiento severo en el muro, se puede ver a través del muro. Grandes deformaciones en el acero de refuerzo del muro.

Figura A.10 Ejemplo de un nivel de daño tipo V

3. Objetos con riesgo de volcamiento y caída.

(1) La evaluación del nivel de daño C o B de objetos con riesgo de volcamiento y caída se realiza como se indica abajo. En caso de que no exista riesgo se clasificará como nivel de daño A.

Nivel C: Existe ya un desplomo o inclinación. El elemento que lo sostiene se encuentra en un estado de deterioro notable, por lo que se puede catalogar con alto riesgo de volcamiento y caída. Sin embargo, en el caso de techados y balcones, al ser estructuras con riesgo desde su concepción, se acepta su catalogación como nivel B. En estos casos, será obvio el requisito de revisión del nivel de seguridad del techo y balcón en sí, verificando la seguridad de que no se presentará un volcamiento y caída brusca del mismo. Asimismo, será necesario corroborar que el daño en el mismo no genere riesgo de presencia de un fenómeno de volcamiento y caída.

Nivel B: Cuando se presenta daño parcial en el elemento sustentante, el desplome es apreciable pero pequeño y existe un riesgo menor de volcamiento y caída. Sin embargo, cuando no hay techumbre en las entradas de los edificios, se catalogará como nivel C. Se deberá tener cuidado cuando existe daño en la vidriería de ventanas, si representa un peligro de desprendimiento y caída ante una replica del evento principal. Sin embargo, aunque exista peligro por daño en vidriería de ventanas, si existe un balcón abajo de las mismas ventanas que permita que los vidrios que pudieran caerse lo hagan sobre él mismo sin causar mayor daño, se podrá catalogar con nivel A. En cuanto a la inspección e investigación, si se piensa que ya la mayoría de los objetos con riesgo de desprendimiento y caída cayeron y que no existe mayor peligro a este respecto, aun así deberán tomarse las precauciones pertinentes para realizar el trabajo de inspección. Cuando el edificio, por los daños estructurales que presente se catalogue con nivel de daño C, debido al riesgo que esto representa, la inspección e investigación para determinar el nivel de riesgo o peligro por volcamiento y caída de objetos se podrá hacer de forma breve y resumida.

(2) En cuanto a objetos y estructuras de gran peso en el perímetro de la azotea del edificio, que generen un nivel de riesgo elevado a los transeúntes con su volcamiento y caída, como es el caso de escaleras de emergencia, equipo y maquinaria de instalaciones especiales, anuncios, etc., será necesario realizar la inspección e investigación encaminada a determinar el nivel de riesgo de los mismos ante volcamiento y caída. Cuando los objetos que pudieran presentar algún riesgo por su volcamiento y caída, ya cayeron en su totalidad, en la mayoría de los casos el peligro o riesgo podrá considerarse como prácticamente nulo.

Generalmente es recomendable revisar el estado de daño de los elementos o las estructuras de soporte de los elementos susceptibles a volcadura y caída; por la premura en tiempo durante los trabajos de investigación y evaluación, se deberá revisar principalmente aquellos conceptos que su estabilidad sea riesgosa a simple vista. El trabajo de las brigadas de evaluación del nivel de riesgo de objetos al volcamiento y caída, será revisar aquellos

objetos que tengan y representen un peligro. Por ejemplo, para realizar la evaluación, deberá concentrarse la atención en aspectos como los indicados enseguida.

Nivel C: Cuando la tornillería de sujeción y soporte esté dañada o fallada por cizalleo. En algunos casos, cuando ya presente cierta inclinación el objeto soportado.

Nivel B: Deberá incluirse en este nivel a los objetos que hayan tenido problemas de volcamiento anteriormente y que hayan sido reforzados.

Podrán resumirse los trabajos de investigación y evaluación del nivel de riesgo ante volcamiento y caída en las edificaciones donde por daños estructurales hayan sido catalogados con un nivel C; los que además son considerados como edificaciones de alto peligro o riesgo.

**APÉNDICE 2. FORMATO PARA INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN Y NIVEL DE DAÑO
(PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO)**

NÚMERO DE INMUEBLE: 2

INSPECTOR:	AFIILIACIÓN: NOMBRE:	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE NIVEL Y CLASIFICACIÓN DE DAÑO: <input type="checkbox"/> DAÑO LIGERO <input type="checkbox"/> DAÑO MENOR <input type="checkbox"/> DAÑO MEDIO <input checked="" type="checkbox"/> DAÑO SEVERO <input type="checkbox"/> COLAPSO
FECHA DE INSPECCIÓN: AÑO: 1989 MES: 03 DÍA: HORA:		EVALUACIÓN DE REPARACIÓN, REFUERZO O DEMOLICIÓN (NIVEL DE INTENSIDAD SÍSMICA RESULTANTE: 1) <input type="checkbox"/> REPARACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> REFUERZO <input type="checkbox"/> DEMOLICIÓN
		NECESIDAD E IMPORTANCIA DE UNA INSPECCIÓN DETALLADA <input checked="" type="checkbox"/> NECESARIA <input type="checkbox"/> NO NECESARIA <input checked="" type="checkbox"/> SUPERESTRUCTURA <input checked="" type="checkbox"/> ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN

INFORMACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	NOMBRE DEL EDIFICIO	NOMBRE: HOSPITAL NAMIOKA DIRECCIÓN: NAMIOKA-CHO, MINAMI-TSUGARU-GUN, PREFECTURA DE AOMORI	
	DUEÑO O USUARIO DEL EDIFICIO	NOMBRE: DIRECCIÓN: NAMIOKA-CHO, MINAMI-TSUGARU-GUN, PREFECTURA DE AOMORI	
	USO DEL EDIFICIO	<input type="checkbox"/> GENERAL	<input type="checkbox"/> OFICINAS <input type="checkbox"/> RESIDENCIAS <input type="checkbox"/> DEPARTAMENTOS <input type="checkbox"/> TIENDAS <input type="checkbox"/> FÁBRICAS <input type="checkbox"/> BODEGAS <input type="checkbox"/> OTROS ()
		<input checked="" type="checkbox"/> PÚBLICO	<input type="checkbox"/> JARDÍN DE NIÑOS <input type="checkbox"/> ESCUELAS <input type="checkbox"/> EDIFICIOS GUBERNAMENTALES <input type="checkbox"/> CENTRO COMUNITARIO <input type="checkbox"/> GIMNASIO <input checked="" type="checkbox"/> HOSPITALES <input type="checkbox"/> OTROS ()
	TIPO DE CONSTRUCCIÓN	<input checked="" type="checkbox"/> CONCRETO REFORZADO <input type="checkbox"/> CONCRETO PRECOLADO <input type="checkbox"/> MAMPOSTERÍA <input type="checkbox"/> COMPUESTA ACERO-CONCRETO	
	SISTEMA ESTRUCTURAL	<input checked="" type="checkbox"/> MARCOS RESISTENTES A MOMENTO <input type="checkbox"/> MUROS ESTRUCTURALES <input type="checkbox"/> OTROS ()	
	ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN	<input type="checkbox"/> SUPERFICIAL O DE CONTACTO <input checked="" type="checkbox"/> PROFUNDA O DE PILOTES (TIPO Y CARACTERÍSTICAS CR 350 ϕ x 6.0 m CR 300 ϕ x 10.0 m)	
	DIMENSIONES DE EDIFICIO	NÚMERO DE NIVELES	SUPERESTRUCTURA: 1 PISOS, PENTHOUSE: 2 PISOS, SÓTANO: 1 PISO
		PLANTA	UN PISO APROXIMADAMENTE: LONGITUD MAYOR: 42.5 m, LONGITUD MENOR: 46.5 m.
	CONFIGURACIÓN DEL SUELO Y TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> TERRENO PLANO <input type="checkbox"/> TERRENO INCLINADO <input type="checkbox"/> ALTIPLANO <input type="checkbox"/> HONDONADA <input type="checkbox"/> OTROS ()	
TOPOGRAFÍA DEL TERRENO	<input type="checkbox"/> CAÑÓN A(___ m) <input checked="" type="checkbox"/> (RÍO) MAR/LAGO/PANTANO A(100 m)		
MATERIALES DE ACABADOS EXTERIORES	<input type="checkbox"/> CONCRETO <input type="checkbox"/> MORTERO <input checked="" type="checkbox"/> AZULEJO <input type="checkbox"/> PIEDRA <input type="checkbox"/> MUROS PRECOLADOS <input type="checkbox"/> PANEL DE CONCRETO PREFABRICADO <input type="checkbox"/> BLOQUES <input type="checkbox"/> PLACAS DE CONCRETO LIGERO <input type="checkbox"/> OTROS ()		

EXISTENCIA DE DOCUMENTACIÓN DE DISEÑO: MEMORIAS DE CÁLCULO: (<input checked="" type="checkbox"/> EXISTE <input type="checkbox"/> NO EXISTE) PLANOS DE DISEÑO: (<input checked="" type="checkbox"/> EXISTE <input type="checkbox"/> NO EXISTE) BITÁCORRA DE OBRA: (<input type="checkbox"/> EXISTE <input checked="" type="checkbox"/> NO EXISTE)

[EVALUACIÓN CONSIDERANDO EL ASENTAMIENTO TOTAL DEL EDIFICIO] (ASENTAMIENTO MÁXIMO S(m)) <input checked="" type="checkbox"/> SIN DAÑOS (S=0) <input type="checkbox"/> DAÑO MENOR (0<S≤0.2 m) <input type="checkbox"/> DAÑO MEDIO (0.2<S≤1.0 m) <input type="checkbox"/> DAÑO SEVERO (S>1.0 m)

[EVALUACIÓN CONSIDERANDO EL DESPLOMO DEL EDIFICIO] (EL ÁNGULO MÁXIMO DE INCLINACIÓN θ (rad)) <input checked="" type="checkbox"/> SIN DAÑO ($\theta=0$) <input type="checkbox"/> DAÑO MENOR ($0<\theta\leq 1/100$ rad) <input type="checkbox"/> DAÑO MEDIO ($1/100$ rad< $\theta\leq 3/100$ rad) <input type="checkbox"/> DAÑO SEVERO ($3/100$ rad< $\theta\leq 6/100$ rad) <input type="checkbox"/> COLAPSO ($\theta > 6/100$ rad)

[EVALUACIÓN CONSIDERANDO EL PORCENTAJE DE DAÑO Y PÉRDIDA EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES]
 (SE REALIZA PARA CADA ENTREPISO TAMBIÉN, PARA ESTRUCTURAS DE MUROS SE REALIZARÁ PARA CADA DIRECCIÓN; SE ESCRIBIRÁN LOS RESULTADOS DEL ENTREPISO CON LOS RESULTADOS MÁS CRÍTICOS DESPUÉS DE LA EVALUACIÓN DE CLASIFICACIÓN Y NIVEL DE DAÑO).

(1) NÚMERO DE NIVEL INSPECCIONADO DONDE SE PRESENTA LA MAYOR CONCENTRACION DE DAÑO [3 PISO] EN EL CASO DE MUROS SE INDICARA LA DIRECCION [] CORTA [] LARGA

(2) NÚMERO TOTAL DE COLUMNAS: $A_0 = 24$ (Ó LONGITUD DE MURO) [$A_0 = 24$, ó $A_0 =$ m]

(3) NÚMERO DE COLUMNAS INSPECCIONADAS: $A = 24$ (Ó LONGITUD DE MURO) [$A = 24$, ó $A =$ m]

(4) PORCENTAJE DE COLUMNAS INSPECCIONADAS: [$A/A_0 = 100\%$]

(5) NUMERO DE COLUMNAS EN CADA NIVEL DE DAÑO, B_i (O BIEN LONGITUD DE MURO):

(MARCOS)	DAÑO NIVEL V	[$B_5 = 2$]	(MUROS)	DAÑO NIVEL V	[$B_5 =$ m]
	DAÑO NIVEL IV	[$B_4 = 4$]		DAÑO NIVEL IV	[$B_4 =$ m]
	DAÑO NIVEL III	[$B_3 = 5$]		DAÑO NIVEL III	[$B_3 =$ m]
	DAÑO NIVEL II	[$B_2 = 11$]		DAÑO NIVEL II	[$B_2 =$ m]
	DAÑO NIVEL I	[$B_1 = 2$]		DAÑO NIVEL I	[$B_1 =$ m]
	DAÑO NIVEL 0	[$B_0 = 0$]		DAÑO NIVEL 0	[$B_0 =$ m]

(6) CALCULO DEL INDICE DE DAÑO D_i , CORRESPONDIENTE A CADA NIVEL DE DAÑO

NIVEL V	[$D_5 = 1000 B_5 / 7A = 11.9$]	(PARA $B_5 / A > 0.35$, $D_5 = 50$)
NIVEL IV	[$D_4 = 100 B_4 / A = 16.7$]	(PARA $B_4 / A > 0.50$, $D_4 = 50$)
NIVEL III	[$D_3 = 60 B_3 / A = 12.5$]	(PARA $B_3 / A > 0.50$, $D_3 = 30$)
NIVEL II	[$D_2 = 26 B_2 / A = 11.9$]	(PARA $B_2 / A > 0.50$, $D_2 = 13$)
NIVEL I	[$D_1 = 10 B_1 / A = 0.8$]	(PARA $B_1 / A > 0.50$, $D_1 = 5$)
$D = \sum (D_i \cdot A \cdot D_i) = 53.8$		

(7) CLASIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE DAÑO Y PÉRDIDA SEGÚN EL VALOR DE D
 [] SIN DAÑO ($D = 0$) [] DAÑO LIGERO ($D \leq 5$) [] DAÑO MENOR ($5 < D \leq 10$)
 [] DAÑO MEDIO ($10 < D \leq 50$) [X] DAÑO SEVERO ($D > 50$) [] COLAPSO ($D_5 = 50$)

DAÑOS EN ELEMENTOS O SISTEMAS ESTRUCTURALES ADYACENTES

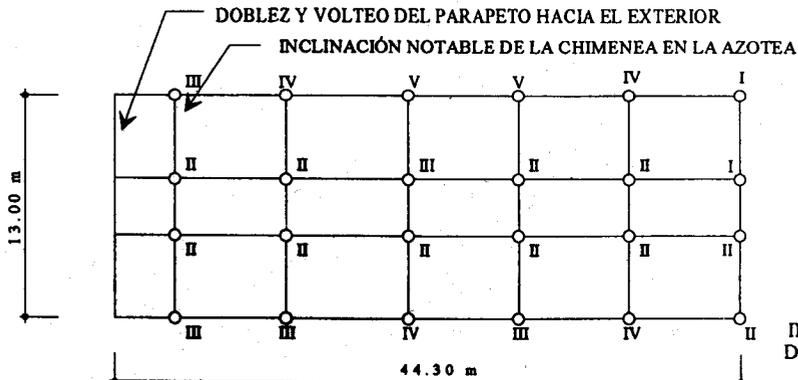
PENTHOUSE [] SIN DAÑO [X] LIGERO [] MENOR [] MEDIO [] SEVERO [] COLAPSO
 ESCALERA EXTERIOR [] SIN DAÑO [] LIGERO [] MENOR [] MEDIO [] SEVERO [] COLAPSO
 CHIMENEA [] SIN DAÑO [] LIGERO [] MENOR [] MEDIO [] SEVERO [X] COLAPSO
 PASILLOS COMUNICANTES [] SIN DAÑO [] LIGERO [] MENOR [] MEDIO [] SEVERO [] COLAPSO
 JUNTA DE CONSTRUCCIÓN [] SIN DAÑO [] CHOQUE EN LA JUNTA [] SEVERO
 O EXPANSIÓN
 OTROS (*parapeto*) [X] COLAPSO

[DAÑOS EN ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN]

EXISTENCIA DE DAÑOS EN CIMENTACIÓN PROFUNDA (PILOTES): [] SI [X] NO [] INCIERTO

EXISTENCIA DE LICUACIÓN DE SUELO: [] SI [X] NO [] INCIERTO

[OTROS (ESQUEMA DE UBICACIÓN Y COMENTARIOS SOBRE LA CONDICIÓN DE DAÑO)]



INDICA EL NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA EN COLUMNAS DEL TERCER NIVEL

PLANO GENERAL DE LOS NIVELES TERCERO A AZOTEA

“Puntos importantes a considerar en el formato de evaluación de la clasificación y nivel de daño” (se escribirá un señalamiento en el cuadro correspondiente)

(1) Procedimiento de evaluación de la clasificación y nivel de daño

El nivel de daño del edificio se definirá como el mayor valor de nivel de daño considerando los resultados de cada una de las evaluaciones sobre el asentamiento total del edificio, el desplomo total del edificio y el porcentaje de daño de los elementos estructurales.

(2) Procedimiento de evaluación de reparación, refuerzo y demolición

La evaluación de la reparación, refuerzo y demolición se hará conforme a la tabla que se muestra:

Características o fuerza del sismo (intensidad según la AMJ)	Clasificación del Tipo de Daño				
	Ligero	Menor	Medio	Grave	Falla
Menor o igual a IV	⊕	∇	x	x	x
V	⊕	⊕	∇	x	x
Mayor o igual a VI	⊕	⊕	⊕	∇	x

⊕ : Rehabilitación por medio de reparación

∇ : Rehabilitación por medio de reparación y/o refuerzo (es necesario realizar una inspección y evaluación detallada)

x : Rehabilitación por medio de refuerzo, o demolición (se requiere una inspección e investigación detallada). Para el procedimiento de inspección e investigación detallada, consultar la “Guía Técnica de Rehabilitación”

(3) Inspección e investigación

1) La inspección deberá realizarse en el nivel donde se piense se presentó la mayor concentración de daño.

2) En caso de distinguir a simple vista un nivel de daño severo (colapso, daño severo, desplomo importante, etc), se deberá anotar como tal en las observaciones del formato para inspección, y los cálculos a hacer dentro del formato de inspección podrán resumirse.

3) Respecto a la clasificación del nivel de daño y pérdida en elementos estructurales (III, IV, V), considerar como base lo indicado en el punto (4), o en las gráficas de condiciones de daño que se presentan.

4) En el caso de estructuras a base de marcos resistentes a momento, la evaluación deberá centrarse en las columnas; sin embargo, en caso de que el nivel de daño y pérdida en las vigas resulte superior al de las columnas, se deberá considerar el nivel de daño de la viga como el nivel de daño y pérdida de las columnas, y así realizar los cálculos indicados en el formato de evaluación (cuando existan columnas en la parte superior e inferior de la viga en cuestión, el nivel de daño de la viga se considerará en ambas columnas). También, en el caso de estructuras a base de muros estructurales, cuando el nivel de daño y pérdida en las columnas de borde sea superior al nivel de daño del muro, se considerará el nivel de daño y pérdida de las columnas para los cálculos pertinentes dentro del proceso de evaluación.

5) Cuando se aprecia nivel de daño y pérdida en las uniones de elementos de una estructura prefabricada, se realizará la evaluación haciendo las mismas consideraciones para dichas uniones que las que se hacen para determinar el nivel de daño y pérdida en columnas y muros estructurales, de sistemas a base de marcos resistentes a momento y a base de muros estructurales, respectivamente.

6) El ángulo máximo de desplomo θ empleado en la evaluación considerando el desplomo total del edificio, se calculará considerando los desplomes medidos en dos direcciones ortogonales del edificio θ_1 y θ_2 , determinando el desplomo total como $\theta = (\theta_1^2 + \theta_2^2)^{1/2}$.

(4) Referencia para la clasificación del nivel de daño y pérdida en elementos estructurales (I, II, III, IV, V) "características del estado y condición de falla"

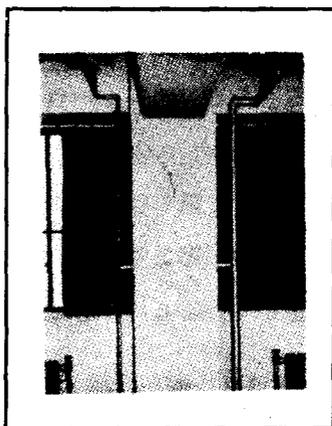
"nivel de daño-I" Agrietamiento visible únicamente de cerca (anchura de grieta: menor o igual a 0.2 mm)

"nivel de daño-II" Agrietamiento notable a simple vista (anchura de grieta: 0.2 - 1.0 mm)

"nivel de daño-III" Observancia de agrietamientos relativamente importantes (anchura de grieta: aproximadamente 2 mm), indicios de desprendimiento y caída de concreto (degradación imperceptible de la capacidad ante carga lateral, sano respecto a la capacidad ante cargas verticales).

"nivel de daño-IV" Gran cantidad de grietas importantes (anchura de grietas mayor a 2 mm), el desprendimiento y caída del concreto es severo, descubrimiento importante del acero de refuerzo (notable degradación de la capacidad ante cargas laterales, degradación imperceptible de la capacidad ante cargas verticales).

“nivel de daño-V” Observancia de pandeo y falla en el acero de refuerzo. Desplazamiento relativo en el concreto siguiendo el patrón de la superficie de falla. Presencia de deformación vertical en columnas. Deformación importante de marcos de ventanas en muros estructurales, asentamiento en losas (degradación importante de la capacidad ante cargas verticales y laterales).



Ejemplo de nivel de daño-III



Ejemplo de nivel de daño-IV



Ejemplo de nivel de daño-V

“Comentarios del formato para investigación y evaluación de la clasificación y nivel de daño”

1. La evaluación de la clasificación y nivel y clasificación de daño, es un trabajo a realizarse comparativamente rápido, en un periodo relativamente corto de tiempo, dentro de una o dos semanas después de la ocurrencia del sismo. Consecuentemente, el tiempo necesario para realizar la investigación de campo, así como los códigos de edificación empleados y por emplear, códigos de evaluación, la existencia o no de planos de diseño, entre otras cosas, hará que el trabajo de inspección e investigación sea diferente para cada edificio; sin embargo, para un edificio, con la presencia de dos investigadores, se realizará el trabajo de evaluación entre 0.2 y 1.0 día aproximadamente.

2. Los conceptos de investigación a considerar en una evaluación pueden ser los siguientes:

- (1) El asentamiento y desplomo total del edificio
- (2) El nivel de daño estructural
- (3) Muros independientes, chimeneas y apéndices a la estructura principal
- (4) Penthouse, escalera de emergencia exterior, barandales, domos, muros parapetos de azotea, apéndices de azotea
- (5) Vidriería de ventanas, acabados, puertas contra incendios, elementos no estructurales susceptibles de volcamiento y caída
- (6) Daño y falla del subsuelo de la vecindad, transporte de arenas y piedras, inundaciones, incendios, el nivel de riesgo y peligro de la zona y vecindad en conjunto

3. Será necesario realizar minuciosamente, en la medida de lo posible, una investigación sobre el estado del edificio antes del daño ocasionado por el sismo, la cual se puede hacer por encuesta o entrevista, así como localizando información de planos topográficos, de condiciones del subsuelo y planos de diseño.

4. Como regla general, no se realizará trabajo de investigación y evaluación en un inmueble sujeto a trabajos especiales de remoción de acabados; se realizará la investigación en aquellos lugares donde esto sea posible.

5. El equipo o material a emplear para la inspección e investigación será generalmente muy simple, como una regla, lupa y plomada.

6. El desplomo de la estructura, se calculará considerando los ángulos de inclinación o desplomo en las direcciones X (θ_x) y Y (θ_y), considerándose el máximo ángulo de desplomo como $\theta = (\theta_x^2 + \theta_y^2)^{1/2}$. θ_x y θ_y se determinarán empleando tránsito o plomada, y midiendo los desplazamientos en ambas direcciones en las cuatro esquinas del edificio.

7. La determinación del asentamiento total de la estructura es de gran dificultad debido a la ausencia de un punto de referencia del estado de asentamientos del inmueble antes de la ocurrencia del sismo. Sin embargo, el método de determinación que se use, se

elegirá considerando las condiciones del fenómeno y de la vecindad del inmueble. Esta evaluación se realizará considerando el valor máximo de asentamiento observado.

8. Cuando se evalúa la clasificación y el nivel de daño en una estructura, el investigador se basará en el nivel de daño de los elementos estructurales, como vigas y columnas en sistemas a base de marcos resistentes a momento, y muros estructurales (principalmente los muros exteriores) en sistemas a base de muros. Para la evaluación de esta clasificación y nivel de daños en la estructura se deberá considerar el entrepiso donde el nivel de daño en dichos elementos estructurales sea más concentrado. También, respecto a la estructura de penthouse, se recomienda no considerarla como parte de la estructura, sino como un apéndice de la misma.

9. La clasificación y nivel de daños en cada piso de una estructura a base de marcos resistentes a momento, se calcula considerando la suma del nivel de daño de todas las columnas del nivel, obteniendo así el porcentaje de daño del mismo. Sin embargo, aquellas vigas con posibilidad de ser investigadas y que presenten niveles de daño superiores a las columnas que las soportan, el nivel de daño de las columnas que llegan al extremo de dichas vigas deberá considerarse igual al nivel de daño de la viga, considerando este valor para la determinación del porcentaje de daño en el nivel o entrepiso.

10. La clasificación de los niveles de daños en los elementos estructurales como columnas, vigas y muros estructurales, será de cinco niveles, I,II,III,IV y V; la clasificación se hará de acuerdo con las tablas para investigación e inspección, y los ejemplos básicos mostrados en las figuras.

11. Considerando el nivel de daño definido para columnas en sistemas a base de marcos resistentes a momentos, y muros estructurales en sistemas a base de muros (cuando el nivel de daño es fácil de definir a simple vista), se podrá definir el nivel de daño de esta manera y considerarlo directamente dentro de la investigación, agrupando para iguales niveles y clasificación de daño al número de columnas y longitudes de muros estructurales resultantes. Se determinará, con base en las expresiones presentadas en las tablas propias para esta investigación el porcentaje de daño (D_i), y el porcentaje de daño del nivel (ΣD_i).

12. Específicamente, en las estructuras a base de marcos resistentes a momentos, se calcula el número de columnas que fueron clasificadas con el mismo nivel y clasificación de daño; en el caso de estructuraciones a base de muros estructurales, se considera el valor total B_i de la longitud total de muros estructurales que hayan sido clasificados con el mismo nivel y clasificación de daño. Las siguientes relaciones se calculan para cada nivel de daño:

- para estructuras a base de marcos resistentes a momento (número de columnas con el mismo nivel y clasificación de daño, B_i) / (número total de columnas investigadas, A)*
- para estructuras a base de muros estructurales (longitud de muros estructurales con el mismo nivel y clasificación de daño, B_i) / (longitud total de muros investigados, A)*

Esto se sustituye en las expresiones indicadas en la tabla formato de inspección, calculando de esta manera el índice Di.

En el caso de estructuraciones a base de muros, se determinará la sumatoria del porcentaje de daño (ΣDi) para ambas direcciones del edificio X, Y, y el mayor de estos valores se considerará como el porcentaje de daño apropiado para el entrepiso.

13. Con respecto a los conceptos de investigación (3), (4), (5) y (6), el encargado de la investigación deberá hacer evaluaciones adecuadas, definiendo dentro del informe de investigación los sitios de alto riesgo o peligro, sugerirá medidas de respuesta inmediata, incluyendo un informe y tabla resultado de la investigación dirigido a las autoridades de la jurisdicción correspondiente.

Parte II.

GUIA TECNICA DE REHABILITACION

Parte II. GUIA TECNICA DE REHABILITACION

CAPITULO 1.

ASPECTOS GENERALES

1.1 Objetivo

El propósito de la guía es servir como lineamiento a seguir para lograr una rápida y racional rehabilitación de edificios y ciudades afectadas por un evento sísmico. Para ello se presentan técnicas y procedimientos de rehabilitación estructural, con la finalidad de llevar a cabo una rápida reinstalación de la funcionalidad de los edificios que hayan presentado daño por sismo.

Comentarios

En general, en la figura 1 se muestra el procedimiento a seguir para evaluar el nivel de daño en un edificio que haya presentado daño por un sismo de gran intensidad y el proceso para lograr su rehabilitación. Asimismo, se debe contemplar la posibilidad de que el daño se incremente por efecto de réplicas del evento principal. Para ello, se deberá elaborar un procedimiento de rehabilitación temporal o inmediata para evitar el incremento del daño y la pérdida de vidas por eventuales réplicas del evento principal. Los resultados de la inspección de campo y la evaluación del nivel de daño se deberán considerar para adoptar medidas de seguridad y proporcionar recomendaciones cuando sea necesario el acceso a los edificios. Las recomendaciones se deben elaborar con base en los resultados de la investigación realizada con la Guía para Evaluación Inmediata del Nivel de Riesgo y Peligro. Tanto la evaluación como las medidas a seguir, se deben realizar con prontitud en un periodo de uno a dos días después de la ocurrencia del evento. Paralelamente a estas actividades, se deberán realizar los trabajos de rehabilitación inmediata para evitar daños provocados por réplicas del fenómeno o por el estado inestable de la estructura. Los procedimientos de reparación inmediata (o temporal) que se presentan en el capítulo 2, se elaboraron para mejorar la respuesta ante este tipo de situación. El siguiente paso considera la realización del trabajo de rehabilitación definitiva o permanente. Para ello se requiere elaborar una evaluación de la necesidad de reparación y/o refuerzo del edificio, en base a los resultados de la Norma de Evaluación y Clasificación del Nivel de Daño. El tiempo asumido en la presente guía para la elaboración del trabajo de evaluación se recomienda sea de aproximadamente entre una semana y un mes después de la ocurrencia del sismo; esto debido a que las condiciones de daño consideradas en las edificaciones modelo para la elaboración de la guía, así como el porcentaje de daño provocado por un sismo, presentarán variaciones en el tiempo por diversos motivos. En cuanto a las técnicas de rehabilitación permanente o definitiva presentadas en el capítulo 3 de la presente guía, se proponen las recomendaciones y trabajos pertinentes con base en los resultados del trabajo de evaluación de clasificación y nivel de daño. Se debe considerar que las técnicas y tecnologías de rehabilitación a emplear sufrirán cambios con el tiempo; y también contemplar que, con el uso simple de la norma para evaluación de la clasificación y nivel de daño, habrá ocasiones

donde sea imposible definir las necesidades de refuerzo estructural. La Guía de Técnicas de Rehabilitación aquí presentada, contempla un procedimiento en el cual se requiere la realización de una investigación detallada, que defina las características de comportamiento estructural ante sismos remanentes en el sistema estructural después de la ocurrencia del daño y, con base en los resultados de dicha investigación, definir las necesidades de refuerzo.

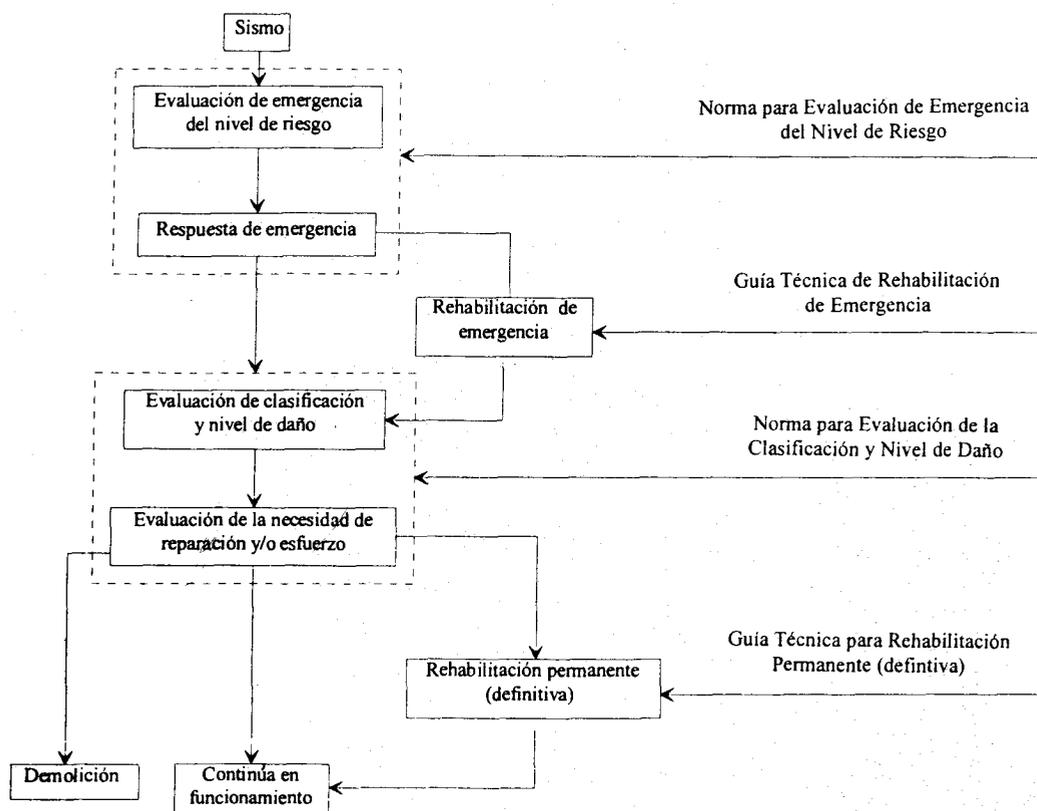


Figura 1. Relación entre la Norma para Evaluación de la Clasificación y Nivel de Daño y la Guía Técnica de Rehabilitación

1.2 Definición de la terminología y simbología

La terminología más importante empleada en la presente Guía Técnica de Rehabilitación se define como se indica:

Reparación: Consiste en restablecer las condiciones estructurales, totales y/o parciales, de un sistema estructural, que fueron degradadas por la incidencia de un sismo.

Refuerzo: Consiste en proporcionar a un sistema estructural, condiciones o características estructurales, totales y/o parciales, superiores a aquéllas que tenía hasta antes que fueran degradadas por la incidencia de un sismo.

Rehabilitación: Consiste en restablecer la funcionalidad de un sistema estructural por medio de su reparación y/o refuerzo.

Definitiva o permanente: Indica la vida útil remanente de un sistema estructural después de haber sido afectado por la incidencia de un sismo.

Emergencia: Después del daño provocado por un sismo, se refiere al establecimiento de las medidas inmediatas para la permanencia del inmueble, considerándose como una condición provisional o tentativa.

Comentarios

Lo que se menciona como condiciones y/o características estructurales comprende la resistencia, rigidez y ductilidad, tratándolas desde un punto de vista general. Es decir, rehabilitación consiste en el restablecimiento de las condiciones iniciales u originales del sistema estructural; en lo que respecta a la Guía Técnica para Rehabilitación, también contempla el refuerzo del sistema estructural, por lo que las características estructurales serán superiores a las que tenía el sistema hasta antes de la incidencia del sismo. También, los trabajos de rehabilitación comprenderán no únicamente las características estructurales de los elementos individualmente, sino comprenderán las características de todo el sistema estructural en su conjunto, así como su durabilidad, resistencia a efectos de intemperismo, resistencia al fuego, etc.

CAPITULO 2.

METODOS DE REHABILITACION INMEDIATA DE EMERGENCIA

2.1 Objetivo

Después de la incidencia de un sismo generador de daño en estructuras, la rehabilitación de emergencia consiste en la realización de los trabajos apropiados de inspección e investigación, diseño y refuerzo de las mismas, hasta la elaboración de un proyecto de rehabilitación permanente. Este refuerzo tiene la finalidad u objetivo de evitar el incremento del nivel de daño ante la incidencia de réplicas del evento principal, así como preservar las vidas humanas y bienes materiales que se encuentren en el edificio.

Comentarios

A partir del significado de las palabras emergencia y rehabilitación empleadas en el presente texto, el término rehabilitación de emergencia se refiere al restablecimiento de las condiciones originales de un sistema estructural en forma inmediata. Sin embargo, en el caso de estructuras de concreto reforzado que hayan sido dañadas por sismo, el restablecimiento inmediato de las condiciones originales representa gran dificultad. En lo que respecta al presente capítulo, el termino "rehabilitación de emergencia", significará la colocación de un refuerzo de emergencia en los elementos y sistema dañado, con objeto de evitar, ante la incidencia de réplicas del evento principal, el incremento de los daños estructurales y la pérdida de vidas humanas y bienes materiales durante el periodo comprendido por la incidencia del fenómeno principal hasta la ejecución de los trabajos de rehabilitación permanente. Sin embargo, en lo que respecta al capítulo 2 sobre procesos de rehabilitación definitiva, no se refiere únicamente a la reparación simple para mantener las condiciones iniciales, también contempla el mejoramiento de las condiciones originales del sistema estructural. También, dentro del Proceso de Rehabilitación Inmediata de Emergencia, después de la ocurrencia del sismo, se deberán distribuir y explicar ampliamente las medidas de respuesta inmediata de emergencia a tomar, como son las papeletas indicando el impedimento de entrada a edificios con riesgo de colapso, así como el cuidado a tener en zonas de riesgo ante caída de objetos; en general, medidas para reducir el riesgo de daños y fatalidades en la población.

2.2 Alcance de su aplicación

La rehabilitación inmediata de emergencia se basará en una investigación encaminada a la evaluación de emergencia del nivel de riesgo, empleando la Norma para Evaluación del Nivel de Daño de Estructuras de Concreto Reforzado; determinando para cada estructura el nivel de daño que se traducirá en indicaciones de "peligro", o como precaución.

Comentarios

La Norma de Evaluación Inmediata del Nivel de Peligro o Riesgo es de aplicación a todas las edificaciones que hayan recibido un resultado de evaluación diferente a "segura". Es decir, la norma será objeto de aplicación a prácticamente todos los casos siguientes: edificios con desplomo mayor a 1 grado; edificios con asentamientos superiores a los 20 cm. En lo que respecta al nivel de daño de elementos estructurales, en sistemas estructurales a base de marcos resistentes a momento donde existan columnas con nivel de daño superior a III, en sistemas estructurales a base de muros donde hay muros con nivel de daño superior a III. Finalmente, en edificaciones donde no se observa una seguridad adecuada ante la caída y volcamiento de objetos.

2.3 Investigación e inspección

En cuanto a la ejecución de la rehabilitación inmediata de emergencia, por regla general se realiza una investigación sobre las condiciones de desplome y asentamiento de la estructura. También se investigará las condiciones de daño de todos los elementos estructurales como son columnas y vigas en estructuras a base de marcos resistentes a momento, y muros en estructuras a base de muros estructurales.

Comentarios

Una vez efectuada la evaluación inmediata de emergencia para determinar el nivel de riesgo o peligro, implica que ya se realizó una inspección e investigación de las condiciones del edificio. Sin embargo, nuevamente se requerirá una investigación sobre la que se sustente la ejecución de la rehabilitación inmediata de emergencia. Es decir, cuando se realiza la evaluación inmediata de emergencia del nivel de riesgo y peligro, una vez las zonas de peligro o de precaución al inmueble, la conclusión de la evaluación es posible y por lo tanto no es necesario continuar con dicha inspección. Sin embargo, para realizar la rehabilitación inmediata de emergencia, será necesario conocer todos las zonas de peligro o de precaución. Por lo tanto, para este último caso es necesario realizar una investigación adecuada sobre las condiciones de daño de absolutamente todos los elementos estructurales; en el caso de marcos resistentes a momentos serán todas las columnas y todas las vigas, en el caso de sistemas a base de muros estructurales serán todos los muros. También será necesaria una investigación adecuada y suficiente con respecto al peligro de volcamiento y caída de objetos.

Sin embargo, con respecto a este tipo de investigación y considerando el carácter de la rehabilitación inmediata de emergencia, no será necesario realizar una investigación detallada de sistemas con nivel de daño pequeño, siendo necesario tener cuidado de no realizar investigaciones superficiales en sistemas estructurales de nivel de daño alto (sistemas donde los elementos estructurales presentan niveles de daño superiores o iguales a III).

Será necesario realizar un trabajo de rehabilitación confiable basado en un proyecto realizado por un técnico calificado en edificaciones que fueron evaluadas como de peligro en base a la norma de evaluación inmediata de emergencia, y que sea requerido su uso temporalmente. Por lo será necesario tanto, que la investigación y las técnicas a emplear para rehabilitación inmediata en este caso, sean realizadas por un técnico con gran experiencia y alto nivel de conocimiento sobre rehabilitación.

Se recomendará llevar a cabo trabajos de refuerzo en todos los elementos estructurales o zonas donde se tenga nivel alto de daño (sistemas donde los elementos estructurales presentan niveles de daño superiores o iguales a IV). También, en edificaciones que fueron evaluadas como "acceso con precaución" en base a la Norma de Evaluación Inmediata de Emergencia, y que sea requerido su uso continuo hasta la realización de los trabajos de rehabilitación definitiva

2.4 Trabajos de rehabilitación inmediata de emergencia

Los trabajos de rehabilitación inmediata de emergencia se realizarán con métodos efectivos, de tal manera que se obtenga un comportamiento suficientemente adecuado del sistema estructural. Principalmente, cuando las edificaciones o parte de ellas sean usadas temporalmente hasta la realización de los trabajos de rehabilitación definitiva o permanente, los trabajos de rehabilitación inmediata de emergencia se harán con métodos que tengan un nivel de confiabilidad alto. En estos casos, cuando el sistema estructural presenta niveles de daño superiores o iguales a IV, deberán instalar elementos o sistemas de soporte de cargas verticales (principalmente de acero estructural) que sean capaces de soportar las cargas axiales a transmitir por los elementos estructurales del sistema original que presentan un nivel alto de daño en las columnas de los sistemas a base de marcos resistentes a momentos y los muros de los sistemas a base de muros estructurales, por lo menos en la vecindad de los mismos.

Al realizar los trabajos de rehabilitación inmediata de emergencia, se deberán corregir temporalmente los fenómenos de desplomo y asentamiento del edificio, así como problemas de asentamiento del sistema de piso, hasta la realización de los trabajos de rehabilitación definitiva, y se deberá medir su comportamiento continuamente. Se impedirá el uso del edificio y se tomarán las medidas adecuadas en caso de que los valores medidos presenten comportamiento inusual

Comentarios

En la rehabilitación inmediata de emergencia, deberá considerarse en primera instancia el aseguramiento de la transmisión de las cargas verticales, concentrándose en aquellas columnas y/o muros que presenten un nivel de daño superior o igual a IV, y que por lo tanto representen cierta preocupación respecto a una degradación en su capacidad a soportar cargas verticales. Otro aspecto de importancia lo representan aquellos sistemas estructurales que aunque mantengan la capacidad suficiente de soportar cargas verticales, tiendan a presentar condiciones de inestabilidad ante sollicitaciones horizontales;

constituyéndose en edificios con un nivel alto de riesgo o peligro ante volteo, por lo que la capacidad del sistema a soportar cargas laterales representará el objetivo principal y será obligatorio realizar un trabajo de refuerzo inmediato de emergencia. También, se podrá remover objetos y elementos estructurales con alto riesgo de caída, o se tomarán las medidas adecuadas para evitar su caída.

Abajo se presenta una descripción resumida de los procedimientos de refuerzo de emergencia; sin embargo, explicaciones y ejemplos detallados sobre dichos métodos se pueden encontrar en la Referencia 2.

Mantenimiento de la carga axial:

(1) Empleando polines de soporte robustos de madera generalmente empleados en la construcción (pies derechos); o columnas de acero estructural en la vecindad de la columna dañada, como elementos de soporte

(2) Refuerzo en las columnas con encamisado de acero estructural, o torones de acero confinando a la columna

(3) Colar concreto adicional en los muros; o instalar muros estructurales precolados

Resistencia a carga lateral, incremento de rigidez:

Contraviento de acero estructural, muros, incremento de las dimensiones de los muros existentes, ángulos de acero estructural en las esquinas de los elementos.

Eliminación de volcamiento y caída:

Soportes, columnas de acero estructural, polines robustos de madera.

CAPITULO 3.

METODOS DE REHABILITACION DEFINITIVA O PERMANENTE

3.1 Objetivo

La rehabilitación definitiva o permanente tiene como objeto el garantizar que un edificio de concreto reforzado que, después a su rehabilitación se desea mantenerlo en funcionamiento, presente las características de comportamiento sísmico mínimas necesarias. Para lograrlo se llevarán a cabo procesos de inspección, investigación, diseño, reparación y/o refuerzo adecuados.

Comentarios

La presente guía presenta las técnicas básicas necesarias para realizar trabajos de rehabilitación en edificios de concreto reforzado dañados por sismo, y que se desea mantenerlos funcionando. Cuando se vayan a emplear procedimientos de rehabilitación producto de investigación y estudios especiales, no es necesario considerar las indicaciones presentadas en la presente guía. Sin embargo, aun para esos casos se deberá respetar lo indicado en la presente guía respecto a que las características de comportamiento sísmico de la estructura deberán ser iguales o superiores a las características de comportamiento deseadas.

En la figura 2 se presenta un diagrama de flujo sobre los trabajos generalmente llevados a cabo en un proceso de rehabilitación definitiva o permanente. Para edificios en los cuales se determine que no es necesario un proceso de refuerzo con base en la Norma de Evaluación de la Clasificación y Nivel de Daño, es deseable que también sigan las indicaciones de la presente guía cuando se realicen los trabajos de reparación.

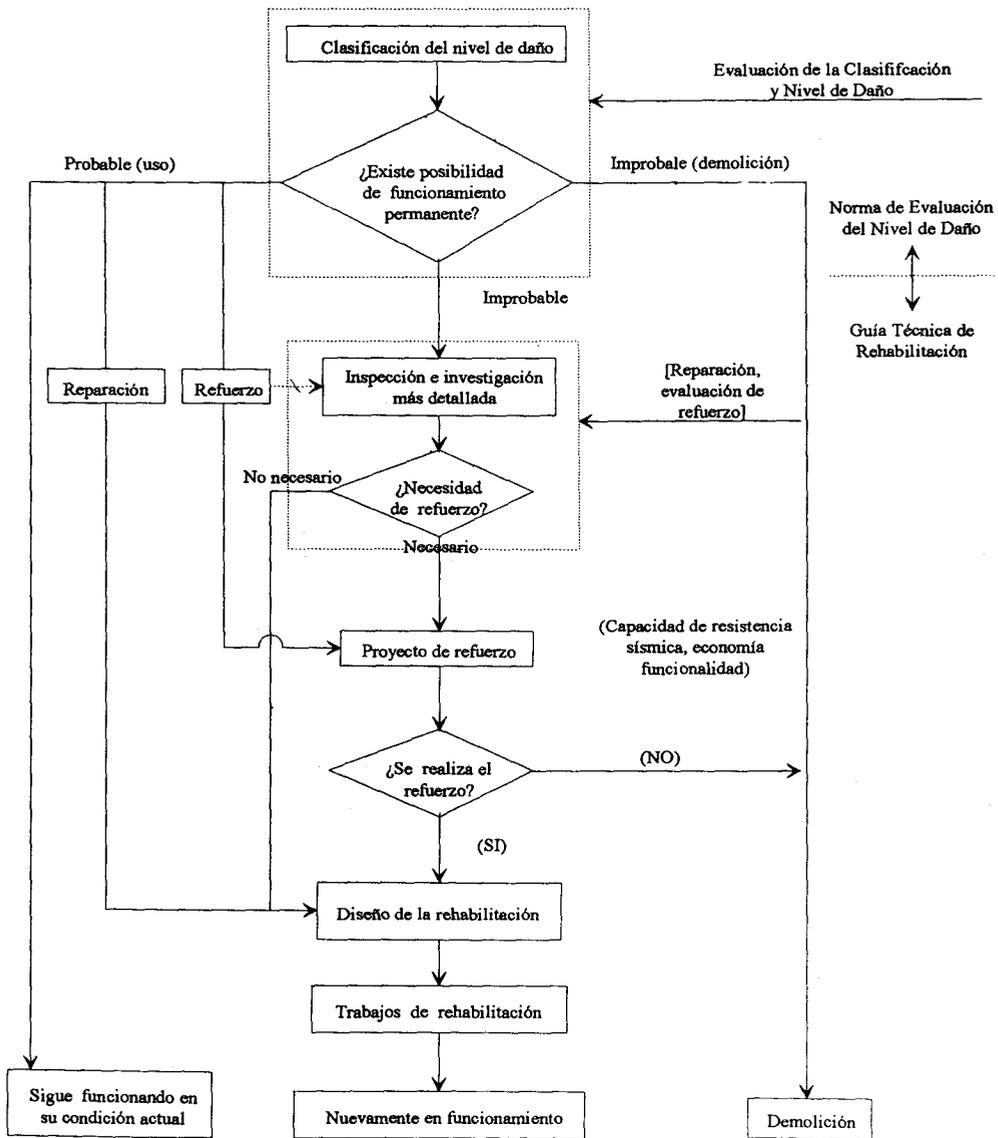


Figura 2. Diagrama de flujo general de los trabajos de rehabilitación permanente (definitiva)

3.2 Alcance de su aplicación

Se empleará en trabajos de rehabilitación de edificios donde, según la Norma de Evaluación de la Clasificación y Nivel de Daño para Estructuras de Concreto Reforzado, un edificio requiera de una investigación detallada o bien un edificio en su totalidad requiera de un proceso de refuerzo.

El alcance de aplicación de la presente guía compete a edificaciones con altura menor o igual a 30 metros, con sistemas resistentes a cargas laterales a base de marcos resistentes a momento o a base de muros estructurales.

Comentarios

La mayoría de las estructuras de concreto reforzado de marcos resistentes a momento o con muros estructurales que tengan alturas superiores a 31 metros, la mayoría de ellas fueron construidas considerando el código de diseño revisado en 1981, por lo que puede pensarse que se tomaron consideraciones especiales en lo relativo a materiales, diseño estructural y distribución de refuerzo. Por lo tanto, para la rehabilitación de estas estructuras, como regla general es deseable la realización de una investigación especial, así como trabajo analítico- experimental que está fuera del alcance de la presente guía.

3.3 Evaluación de la necesidad de refuerzo

La evaluación de la necesidad de refuerzo en un sistema estructural, se realizará conforme a la Norma para Evaluación y Clasificación del nivel de Daño. Sin embargo, para edificios en los que se determinó la necesidad de una investigación a detalle conforme a la Norma para Evaluación y Clasificación del Nivel de Daño, la evaluación de la necesidad de refuerzo estructural del sistema, se realizará conforme se indica:

(1) Evaluación de la necesidad de refuerzo de la estructura de cimentación

Cuando, producto de cambios en la cimentación y el suelo de la vecindad, un sistema estructural presenta desplomo, la evaluación y juicio se harán conforme se presenta en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Evaluación de la necesidad de refuerzo de la estructura de cimentación considerando el ángulo de desplomo

θ (radianes)	Intensidad del sismo ¹⁾	Pilotes ²⁾	Subsuelo ³⁾	Valor de N ⁴⁾	Necesidad de refuerzo
Mayor a 1/100					Necesario
Menos de 1/100	Mayor a V (mayor)				No necesario
	Menor a V (menor)	No	Estratos de arena	Menos de 15	Necesario ⁵⁾
Otra			Mayor de 15	No necesario	
Existe		Estratos de arena	Menor a 20	Necesario ⁵⁾	
		Otra	Mayor a 20	No necesario ⁶⁾	
Superior o del orden de 1/300				Inspección e investigación ⁷⁾	

Nota:

- Se considera la intensidad generada por el sismo que originó el daño en la región.
V (mayor): Nivel de intensidad V (Sismo severo) con aceleraciones superiores a 150 gal.
V (menor): Nivel de intensidad V (Sismo severo) con aceleraciones menores a 150 gal..
- Dentro de la clasificación de pilotes, a excepción de los de madera, se consideran todos los tipos, desde los pilotes de punta hasta los pilotes de fricción.
- Se refiere a la clasificación del suelo de apoyo. En caso de cimentaciones superficiales es el tipo de suelo en el estrato inmediato inferior; en el caso de pilotes será el tipo de suelo donde existirá la transmisión de fuerza.
- Es el número de golpes N de la prueba de penetración estándar para el suelo de apoyo.
- En el futuro, ante la incidencia de un evento de importancia, existe la posibilidad de aparición de daño por el fenómeno de licuación de suelo, por tal motivo se clasifica como "necesario".
- Generalmente se considera como "no necesario", sin embargo cuando se piense en daño en los pilotes, se recomienda realizar una investigación.
- Debido a los trabajos de hincado y/o excavación, así como a los de refuerzo de la superestructura, el pilote podría tener daño; por lo que se hará una investigación detallada, y considerando los resultados de la misma se deberá realizar una evaluación especial.

(2) Evaluación sobre la necesidad de refuerzo de la superestructura.

En caso de existir daño en la superestructura, la evaluación se hará conforme se indica en la tabla 3.2, donde el cálculo o determinación del nivel de daño (Φ) se hace empleando la ecuación (1)

$$\Phi = (1 - I_s' / I_s) \times 100 (\%) \quad (1)$$

donde, I_s y I_s' representan los valores del índice de comportamiento estructural ante sismo, los que se calculan con base en la norma para evaluación de características de comportamiento ante sismo de estructuras existentes de concreto reforzado.

Tabla 3.2 Valor del límite inferior del nivel de daño (Φ) (en porcentaje), que se requiere para reforzar

Epoca de construcción	Intensidad del sismo (considerando los niveles de intensidad de la Agencia Meteorológica del Japón)			
	Menor de IV	V (menor)	V (mayor)	Mayor de VI
Anterior a 1971	20	30	40	50
Posterior a 1971	30	40	50	

Nota:

- 1) Aunque el año de construcción sea anterior a 1971, si se trata de un elemento estructural con separación de estribos o refuerzo lateral menor a 100 mm, podrá considerarse el valor de Φ en la evaluación como el de una estructura construida después de 1971.

Comentarios

(1) La determinación de la necesidad de refuerzo, por regla general, se realiza considerando la Evaluación de la Clasificación y Nivel de Daño. Sin embargo, cuando la evaluación con base en la Norma para Evaluación de la Clasificación y Nivel de Daño se dificulta, y resulta necesaria la realización de una inspección a detalle, se podrá considerar lo indicado en la presente guía y determinar la necesidad de refuerzo. Aun cuando según la Norma de Evaluación de la Clasificación y Nivel de Daño se determine "reparación", se realizará una inspección a detalle del edificio, y según la presente guía es deseable la "investigación sobre la necesidad de refuerzo del edificio".

También, aunque el edificio en conjunto se defina como sano desde el punto de vista de capacidad y comportamiento sísmico, y se determine la "no necesidad" de refuerzo, se deberá tener cuidado en la posibilidad de requerir reforzar los elementos dependiendo del nivel y la condición de daño de los mismos.

(2) Para el cálculo del índice de comportamiento sísmico de la estructura de un edificio dañado I_s' , se empleará la Norma de Evaluación de Estructuras de Concreto Reforzado. También, para el cálculo del índice de comportamiento sísmico de una estructura dañada en la condición posterior a la rehabilitación I_s' , se empleará la Guía para Diseño de Reparación de Estructuras de Concreto Reforzado. Es decir, respecto a un elemento estructural dañado y a un elemento estructural reforzado, considerando los modos de falla, el nivel de daño y pérdida, así como el procedimiento de refuerzo, se calcularán los coeficientes de degradación o incremento de comportamiento sísmico, el límite inferior de resistencia, etc. El cálculo de todos los coeficientes y factores que intervienen en el procedimiento para determinar el valor del índice I_s' , se hace conforme se indica en la Norma de Evaluación para Estructuras de Concreto Reforzado. Sin embargo, el evaluar adecuadamente este conjunto de variables es un proceso difícil, por lo que deberá considerarse resultados experimentales y emplear un procedimiento como el indicado:

- 1) La rigidez y la resistencia de un elemento estructural después del daño se igualará a los límites inferiores de las variables, valores que se determinarán conforme lo

indicado en las tablas comentario 3.1 a 3.3, para lo que se requerirá conocer el modo y nivel de daño, así como el nivel de evaluación. Por lo tanto, primero se determina el nivel de daño y pérdida en cada elemento conforme a lo indicado en la tabla comentario 3.1; enseguida se determinan los valores de las variables a emplear en el proceso de evaluación conforme se indica en las tablas comentario 3.2 y 3.3. Para este paso del proceso, se considerará el nivel de daño y pérdida mayor de los existentes para las direcciones X y Y para columnas, y el mayor de los valores de nivel de daño y pérdida en ambos extremos de las trabes. En caso que la trabe falle por cortante en el centro del claro se considerará la condición o nivel de daño del centro del claro para determinar el nivel de daño y pérdida.

2) La resistencia del elemento antes de la ocurrencia del daño, se definirá como el menor de los valores de la resistencia a cortante y la resistencia a flexión determinados ambos con base en las fórmulas reglamentarias. En cuanto a la resistencia del elemento después de la ocurrencia del daño, se determinará afectando el valor de resistencia previo a la ocurrencia del daño por el índice η obtenido conforme se indica en la tabla comentario 3.2.

3) En cuanto al índice de ductilidad posterior al daño, se considerará el mismo valor determinado para la condición previa al daño. Para ello, como regla general no sufrirá cambios el agrupamiento de elementos ortogonales sin embargo, en caso de emplear el nivel de evaluación 3, se realizará la investigación de resultados del mecanismo de falla de la estructura previo al cálculo de resultados, pudiendo llevarse a cabo entonces cambios en el agrupamiento de elementos.

4) Se considerará la variación en la rigidez de los elementos, y cómo esto afecta la relación entre los centros de rigidez y gravedad a emplear en las evaluaciones del segundo y tercer nivel. El valor de rigidez de los elementos después del daño, será igual al valor de la rigidez antes del daño afectado por el factor η . El valor modificado de la relación entre los centros de rigidez y gravedad, se puede calcular entonces, y con base en estos resultados, se puede calcular el índice de forma después de la ocurrencia del daño.

Tabla comentario 3.1. Clasificación y nivel de daño y pérdida en elementos estructurales

Nivel de daño y falla en un elemento	Columna (viga) ²⁾		Muro ³⁾	
	Daño severo y falla por flexión ⁴⁾	Daño severo y falla por cortante ⁵⁾	Daño severo y falla por flexión ⁴⁾	Daño severo y falla por cortante ⁶⁾
I	Agrietamiento con anchura muy pequeña, difícil de distinguir a lo lejos (la anchura de la grieta es aproximadamente igual o menor a 0.2 mm)			
II	<p>* El agrietamiento se puede ver a simple vista, la anchura de la grieta es aproximadamente de 0.2 - 1.0 mm).</p> <p>* Aunque exista desprendimiento y caída del mortero de acabados, no se observa el mismo fenómeno en el concreto.</p>	<p>* Aparición de agrietamiento por cortante, fácil de observar a simple vista (anchura de grieta aproximada de 0.2 - 1.0 mm).</p> <p>* Aunque exista desprendimiento y caída del mortero de acabados, no se observa el mismo fenómeno en el concreto.</p>	Aproximadamente igual nivel de daño al observado en columnas severamente dañadas o falladas por flexión.	Aproximadamente igual nivel de daño al observado en columnas severamente dañadas o falladas por cortante.
III	<p>* Aunque exista desprendimiento del concreto de recubrimiento, en el extremo de los casos es pequeño, no hay exposición del acero de refuerzo. La anchura de grietas es aproximadamente de 1 - 2.0 mm.</p>	<p>* La anchura del agrietamiento por cortante es aproximadamente de 1-2 mm.</p> <p>* Aparición de gran número de grietas verticales perpendiculares al acero de refuerzo longitudinal; la anchura aproximada de dichas grietas es 1 - 2 mm.</p>		Aparición de gran número de grietas diagonales en muros estructurales, el ancho de las mismas es aprox. de 1-2 mm. Existe desprendimiento y caída del concreto del muro parcialmente, sin embargo no se presenta exposición del acero de refuerzo. Sin embargo, las columnas de la vecindad presentan agrietamiento menor, se observa holgura de comportamiento en las mismas.
IV	<p>* La anchura de grieta supera los 2 mm.</p> <p>* El desprendimiento y caída del concreto es severo, se observa pandeo del refuerzo en algunas partes.</p>	<p>* La anchura del agrietamiento por cortante supera los 2 mm.</p> <p>* Se observan grandes deformaciones por cortante.</p> <p>* El desprendimiento y caída del concreto es severo, exposición considerable del acero de refuerzo.</p>	Aproximadamente igual nivel de daño al observado en columnas severamente dañadas o falladas por flexión.	* Daño severo y falla del concreto en la parte del muro, se observan agujeros en el mismo que permiten ver a través del mismo. El daño en las columnas de la vecindad presenta un nivel de daño menor al nivel IV.
V	Severo problema de pandeo en el refuerzo longitudinal y desprendimiento o falla por tensión del acero de refuerzo lateral en columnas; no solamente se pierde la resistencia a fuerzas laterales, la resistencia a fuerzas verticales también se ve severamente afectada. Presencia de deformaciones verticales en columnas, provocando problemas en los extremos superiores de muros estructurales y asentamientos apreciables en sistemas de piso.			

Nota:

- 1) La determinación del tipo de falla, por flexión o por cortante, se realizará basándose en los resultados de la investigación sobre estado y condiciones de daño llevadas a cabo en campo.
- 2) Respecto a los muros patin en columnas, si la longitud del muro es mayor que tres veces la dimensión de la columna en la misma dirección, se considerará como muro estructural independiente.
- 3) Muros patin en columnas, incluyendo aquéllos mencionados en la nota anterior, serán considerados dentro de la clasificación de estructuras a base de muros estructurales.
- 4) Lo indicado en la tabla comentario 3.2 acerca de columnas (M), y en la tabla comentario 3.3 acerca de flexión en columnas y flexión en muros, señala daño severo y falla como las aquí mencionadas.
- 5) Lo indicado en la tabla comentario 3.2 acerca de columnas (S), y en la tabla comentario 3.3 acerca de cortante en columnas y muros aleros a columnas, señala daño severo y falla como las aquí mencionadas.
- 6) Lo indicado en la tabla comentario 3.2 acerca de muros, y en la tabla comentario 3.3 acerca de cortante en muros, señala daño severo y fallas como las aquí mencionadas.

Tabla comentario 3.2 Coeficiente de degradación de las propiedades y características de comportamiento sísmico η (para primera evaluación)

Nivel de daño en columnas y muros ¹⁾	Columna (M) ²⁾	Columna (S) ³⁾	Muro ⁴⁾
I	1.0	1.0	1.0
II	1.0	0.8	0.9
III	0.6	0.4	0.6
IV	0.3	0	0.3
V	0	0	0

Nota:

- 1) Basado en el procedimiento de clasificación de la tabla comentario 3.1. En la Norma para Evaluación de Emergencia del Nivel de Riesgo, el nivel de daño en columnas o muros estructurales de entresijos inferiores, en caso de que el nivel de daño de los elementos del entresijo inmediato superior sea IV o V, se supone un nivel de daño igual a este valor. Sin embargo, en esta tabla se omite esa disposición y se trata independientemente los niveles de daño que presentan columnas y muros.
- 2) Columna (M): Claramente presenta una condición de falla por flexión; no se observan indicios de daño severo por cortante.
- 3) Columna (S): Aquellas columnas que presenten características de daño no contempladas en el inciso anterior.
- 4) Todas las estructuras con muros estructurales (incluyendo muros con columnas de borde en ambos extremos, columna de borde en solo un extremo y muros estructurales independientes de los sistemas de marcos resistentes a momento).

Tabla comentario 3.3 Coeficiente de degradación de las propiedades y características de comportamiento sísmico η (para segunda y tercera evaluación)

Nivel de daño de elemento estructural ¹⁾	Flexión en columna (viga) ²⁾	Cortante en columna (viga) ²⁾	Columna con muros aleros	Cortante en muros ²⁾	Flexión en muros ²⁾
I	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
II	1.0	0.8	0.8	0.9	1.0
III	$0.4(1+F/3.2)$	0.4	0.4	0.6	$0.4(1+F/2)$
IV	0.3	0	0	0.3	0.3
V	0	0	0	0	0

Nota:

- 1) Basado en el procedimiento de clasificación de la tabla comentario 3.1. En la Norma para Evaluación de Emergencia del Nivel de Riesgo, el nivel de daño en columnas o muros estructurales de entresijos inferiores, en caso de que el nivel de daño de los elementos del entresijo inmediato superior sea IV o V, se supone un nivel de daño igual a este valor. Sin embargo, en esta tabla se omite esa disposición y se trata independientemente los niveles de daño que presentan columnas y muros.
- 2) La clasificación de la configuración de daño correspondiente a la evaluación hecha después de la ocurrencia del sismo, por regla, general se realizará bajo iguales preceptos que las evaluaciones hechas antes de la ocurrencia del daño. Sin embargo, la configuración real de daño, difiere de la clasificación de daño producto de la evaluación hecha antes de la ocurrencia del sismo, por lo que generalmente se presupone la configuración del daño. También, el valor η de una columna con falla frágil, se considerará igual al valor η para una columna de cortante.
- 3) La variable F dentro de la tabla, indica el valor del índice de ductilidad considerado en la evaluación previa a la ocurrencia de daño.

3.4 Inspección e investigación

Antes de realizar los trabajos de diseño para rehabilitación de un edificio, para el que se considera necesario realizar un refuerzo estructural total, se deberá realizar una inspección e investigación a detalle.

Comentario

En cuanto a la investigación, se hará conforme a la Norma para Evaluación del Comportamiento ante Sismo de Estructuras de Concreto Reforzado Existentes, y la Guía para su Reparación, que publica el Instituto para Prevención de Desastres en Edificación del Japón, además se deberán realizar las investigaciones necesarias para los trabajos paralelos al de rehabilitación. Cuando se realice el trabajo de rehabilitación estando el edificio en uso y ocupado, será necesario realizar una investigación amplia y minuciosa sobre las condiciones y estado de uso del inmueble desde los puntos de vista de tiempo y espacio.

Los aspectos importantes a considerar en una inspección e investigación se mencionan abajo:

(1) Condición previa al daño

- *Clasificación y características mecánicas de los materiales, concreto y acero*
- *Estructuración*
- *Condición del acero de refuerzo*
- *Detalles de elementos secundarios*
- *Capacidad de carga en el momento del sismo*
- *Condición del diseño y del proceso de construcción*
- *Planos de diseño, bitácora de obra*

(2) Pérdida provocada por el daño

- *Investigación y clasificación del nivel de daño de todos los elementos estructurales, columnas, vigas y muros (tabla comentario 3.1), o bien estudio específico de la condición del daño (en caso de ser necesario, deberá removerse el material de acabados)*
- *Desplazamientos laterales permanentes, cuantía de asentamientos en el sistemas de piso*
- *Cimentación, pilotes, losa, daño en elementos secundarios*
- *Otros, investigar aquellos aspectos que se piense puedan tener relación con el origen del daño*

(3) Otros

- *Condiciones y estado de las vías de comunicación*
- *Equipo y maquinaria*
- *Limitantes en el uso de las líneas vitales*

- Condiciones de suministro de electricidad y agua para la construcción
- Condiciones climatológicas
- Algunas otras condiciones y características importantes

Si se considera que alguno de los conceptos arriba mencionados para llevar a cabo la investigación no es necesario se puede eliminar del programa de actividades.

3.5 Diseño de la rehabilitación

3.5.1 Proyecto de rehabilitación

En lo que respecta al proyecto de rehabilitación, además de garantizar el buen comportamiento y las características de las estructuras ante una excitación lateral, se deberá observar y analizar la funcionalidad del edificio una vez terminados los trabajos de rehabilitación, así como la factibilidad del procedimiento constructivo, tiempos de ejecución y economía.

3.5.2 Índice de comportamiento sísmico

Cuando se realice una rehabilitación después de un proceso de refuerzo estructural, el índice de comportamiento sísmico de la estructura Reglamento de edificación, Procedimientos de construcción, edición 1981 se considerará como base para alcanzar el nivel estructural deseado.

3.5.3 Evaluación de las características de comportamiento ante sismo de las estructuras

Después de la rehabilitación, el cálculo del índice de comportamiento sísmico de una estructura I_s, se hará conforma la Norma de Evaluación de Estructuras de Concreto Reforzado, o la Guía para Diseño de Refuerzo de Estructuras de Concreto Reforzado.

Comentarios

(1) Para el caso donde es suficiente únicamente con un proceso de reparación, se recomienda consultar una parte de los conceptos sobre refuerzo que se mencionan después, siendo posible preparar y elaborar el proyecto de reparación e inmediatamente continuar con los trabajos de rehabilitación. En los textos siguientes se menciona sobre los métodos de refuerzo y conjuntamente de rehabilitación de estructuras.

En lo que respecta al proyecto de refuerzo, se considerarán algunos resultados de la inspección e investigación realizada, como la condición o estado de daño, la deformación o desplazamiento máximo supuesto durante el daño, la degradación con la edad; así como el valor de F determinado conforme 3.3. Será necesario que en el proyecto se consideren las causas que originaron el daño, para tratar de reducir fenómenos similares. También, el proyecto deberá contemplar el mecanismo de falla de la estructura, que la resistencia y

ductilidad (capacidad de deformación) de los elementos estructurales sea superior a las condiciones de la estructura original; además se verificará el efecto de los trabajos de reparación sobre los elementos secundarios y no estructurales. Específicamente, la investigación seguirá un proceso como el que se indica abajo; el método de refuerzo a emplear deberá contemplar puntos de vista muy generales de la estructura a reforzar, desde el proyecto arquitectónico, hasta la factibilidad del procedimiento de construcción.

1) Incremento de la resistencia ante fuerzas laterales

Adición de muros estructurales, encamisado de concreto reforzado, cerrar las aberturas en muros estructurales que los tengan.

Incremento de las secciones transversales de columnas y vigas, reconstrucción de parte de los marcos resistentes a momento, colocación de muros patin a las columnas, instalación de sistemas de rigidizantes de acero estructural, construcción de muros adicionales a los ya existentes.

Construcción y/o reconstrucción de pilotes en cimentación, incremento de la superficie de apoyo en cimentaciones superficiales.

2) Disminuir el peso propio

Eliminación de balcones y parapetos, de los acabados de concreto, empleo de materiales de acabados ligeros en muros y sistemas de piso, eliminación de niveles superiores, cambio en el uso del inmueble, eliminación de muros secundarios, cambio a elementos de materiales ligeros.

3) Incremento en la capacidad de deformación

Refuerzo por cortante de columnas y vigas (encamisado de concreto reforzado, encamisado con soleras de acero estructural), mejoramiento de elementos con concentraciones de esfuerzos (proporcionamiento de holguras adecuadas entre los elementos estructurales y los no estructurales o los muros secundarios).

4) Mejoramiento del índice de forma estructural

Eliminación de muros secundarios, organización y uniformación de la distribución estructural en planta y elevación (instalando muros estructurales nuevos y eliminando otros, con objeto de reducir los problemas de excentricidad), reconstrucción de nuevos marcos resistentes a momento, incremento de holguras en las juntas de construcción.

5) Mejoramiento del índice de edad o antigüedad

Inyección resina epóxica o refuerzo con encamisado de concreto reforzado de algunos elementos estructurales (tratando de incrementar la resistencia ante sollicitaciones laterales, así como la capacidad de deformación y ductilidad).

6) Mejoramiento de los elementos secundarios

Reinstalación de muros exteriores y muros divisorios, reinstalación de puertas e instalaciones contra fuego. En general las características de los elementos reinstalados se deben mejorar.

Básicamente, en la filosofía de un proyecto de refuerzo, con los conceptos mencionados anteriormente y como se menciona en la Norma para Evaluar Estructuras de Concreto Reforzado, inicialmente se considerará el mejoramiento de los índices de edad o antigüedad estructural T , y el índice de configuración estructural S_b ; enseguida, considerando las condiciones de la estructura de cimentación y de sus componentes, como son los pilotes, se contemplará la reducción del peso de la estructura; finalmente, se contemplará el incremento de la resistencia de la estructura ante cargas laterales, y de la capacidad de deformación de la misma.

Al considerar una reparación con base en el índice de edad o antigüedad estructural, y al mejorar las características de la parte que sufría de degradación, inevitablemente se pueden incrementar los valores de otros índices. Por tal motivo, se contemplará como primer paso el mejoramiento del índice de configuración estructural. En caso que uno de los factores en la ocurrencia de daño por sismo sea el índice de configuración estructural, la relación entre excentricidad y resistencia será un aspecto a tratar de reducir. Se piensa que el procedimiento para tratar este problema es comparativamente de menor dificultad. Sin embargo, en este caso al reforzar el entrepiso que presentó las características de daño que originaron el trabajo de refuerzo estructural, no se estará logrando un incremento del índice de configuración estructural, por lo que se requerirá de cuidado en estos casos para evitar reforzamientos locales. En segundo término, se considera el incremento del índice básico de capacidad lateral E_0 ; sin embargo, existe una relación intrínseca entre la capacidad a resistir fuerzas laterales de un sistema estructural, y su capacidad de deformación. Generalmente al incrementar la capacidad ante fuerzas laterales, existe la tendencia a disminuir la capacidad de deformación del mismo sistema. Por lo tanto, se requerirá de una investigación detallada de la relación resistencia-deformación del sistema estructural, por ejemplo considerando los índices de capacidad de deformación F , y de resistencia C , que se presentan en la Norma para Evaluación de Estructuras de Concreto Reforzado. Considerando las características del sistema estructural en sí, se plantearán las preguntas sobre si se eleva la capacidad de deformación, si se eleva la capacidad a resistir fuerzas laterales, o bien se considera conjuntamente incrementos parciales de la capacidad de deformación y de la capacidad a soportar fuerzas laterales. También, en caso de incrementar la capacidad de deformación, en la revisión de elementos secundarios existe la necesidad de considerar los niveles de desplazamiento esperados durante un sismo. Igualmente, cuando se emplea la Norma de Evaluación de Estructuras de Concreto Reforzado, las variables por conocer para la evaluación son la existencia de planos de diseño, resultados de la inspección e investigación de campo y el proyecto de refuerzo, entre otras, las que deberán tomarse en cuenta para concluir el trabajo de evaluación. Sin embargo, generalmente es deseable que se realice el trabajo de evaluación en tres fases e iterativamente.

(2) En la presente guía, la evaluación de las características estructurales ante sismo del edificio que se desea rehabilitar deberá considerar el valor del índice de comportamiento

antisísmico de la estructura I_s como una premisa para la aplicación de la Norma de Evaluación de Estructuras de Concreto Reforzado. Es decir, cuando basado en un trabajo de investigación especial se define el valor de la capacidad o comportamiento sísmico objeto o requerido, el valor del índice será de comportamiento estructural sísmico después del trabajo de rehabilitación $\kappa I_s'$ y será deseable que resulte mayor o igual a los valores abajo mostrados:

Cuando se define con base en una evaluación primaria,	$\kappa I_s' > 0.8ZGU$
Cuando se define con base en una evaluación secundaria,	$\kappa I_s' > 0.6ZGU$
Cuando se define con base en una evaluación terciaria,	$\kappa I_s' > 0.6ZGU$

Sin embargo, en el caso de procesos de evaluación secundaria y terciaria, el índice de resistencia acumulada C_r , se considerará que adquiere un valor igual o mayor a 0.3, donde, Z, G, U y C_r , se definen en la Norma de Evaluación de Estructuras de Concreto Reforzado.

También, los valores supuestos de respuesta en desplazamientos durante la incidencia de un sismo en una estructura reforzada, será necesario se consideren en la revisión de elementos secundarios.

(3) Después de un proceso de reparación o refuerzo, el índice de comportamiento estructural ante sismo I_s , se calculará considerando la Norma de Evaluación de Estructuras de Concreto Reforzado y la Guía para Diseño de Reparación de Estructuras de Concreto Reforzado. Además, se deberá considerar las indicaciones abajo mostradas. Información más detallada se presenta en el inciso 3.6 sobre aspectos importantes en la rehabilitación de elementos estructurales.

1) El cálculo de la rigidez y resistencia de un elemento reforzado, por regla general se realizará considerando las expresiones presentadas en la Guía de Diseño de Estructuras de Concreto Reforzado.

2) Para la rigidez y resistencia de un elemento reparado, por regla general, se acepta un valor igual al que tenían antes del daño.

Con objeto de cumplir las hipótesis de 1) y 2), será necesario tener especial atención en los lineamientos expuestos en el inciso 3.6 sobre aspectos importantes en la rehabilitación de elementos estructurales. Esto es, cuando los detalles difieran con lo expresado en el inciso 3.6, no se podrán aceptar las hipótesis arriba expuestas. Sin embargo, considerando un trabajo de investigación especial, que analizando las condiciones del problema proporcione hipótesis similares a 1) y 2), estos valores se podrán emplear.

3.6 Aspectos importantes en la rehabilitación de elementos estructurales

3.6.1 Aspectos importantes en la rehabilitación de columnas

(1) Cuando se realiza un trabajo de reparación de columna

a) Objetivo y procedimiento

El proceso de reparación, tiene como objetivo garantizar que las características estructurales de resistencia, capacidad de deformación y rigidez sean iguales antes y después de haber sufrido el daño.

Para cumplir con este objetivo, existe el siguiente procedimiento:

- Proceso de inyección de resina epóxica en las grietas
- Proceso de repellado de concreto

b) Evaluación de las características de comportamiento estructural ante sismo después de la reparación

Al reparar una columna con los procedimientos mencionados antes, se puede considerar iguales las propiedades de resistencia, ductilidad y rigidez de la estructura reparada a como eran antes de sufrir el daño. Cuando se emplee un método diferente de los mencionados, se deberán inferir las características estructurales ante sismo después del proceso de reparación mediante resultados experimentales y/o resultados analíticos fundamentados.

Además, las características de los materiales, acero y concreto, empleados en la reparación, deberán ser iguales o superiores a las características de los materiales empleados en la estructura original.

c) Trabajos de reparación

En cuanto al procedimiento de inyección de resina epóxica en grietas, se deberá verificar que la resina entre adecuada y suficientemente en la grieta. Sin embargo, deberá tener precaución en no dañar al concreto al aplicar presiones de inyección de resina muy altas. También, cuando se empleen métodos de encamisado o adición de concreto, el acero de refuerzo que sufrió deformación debido al daño, se deberá corregir adecuadamente, o bien se deberá sustituir. En este caso, con objeto de soportar las cargas verticales que actúan en la columna, se deberán colocar columnas de soporte o apoyo; también se deberá tener cuidado suficiente en cuanto a la seguridad durante los trabajos de construcción.

(2) En caso de reforzarse la columna

a) Objetivo y procedimiento

En cuanto al refuerzo, el objetivo es proporcionar valores de resistencia y ductilidad en columnas rehabilitadas superiores a aquéllos que tenían antes de la incidencia del daño. Para lograr este objetivo, existe la siguiente metodología

- Procedimiento que permita elevar la resistencia a cortante de columnas, e incrementar la ductilidad o capacidad de deformación

Procedimiento que permita construir muros patín en las columnas, e incrementar la resistencia de las mismas

b) Evaluación de las características de comportamiento antisísmico después del proceso de refuerzo

Las características de comportamiento antisísmico de una columna después de un proceso de refuerzo, se evaluarán siguiendo un procedimiento adecuado que considere las características mecánicas de los materiales empleados en el refuerzo, así como las condiciones reales y los detalle del refuerzo.

c) Detalles estructurales del refuerzo

Los detalles estructurales del refuerzo en columnas, por regla general, se hacen en conformidad con los detalles estructurales que se muestran en la Guía de Diseño de Reparación sísmica para Edificios de Concreto Reforzado Existentes (Asociación para la Prevención de Desastres en Edificios del Japón), así como en la Norma para Cálculo de Estructuras de Concreto Reforzado (Instituto de Arquitectos del Japón). Otro tipo de detalles estructurales que se deseen emplear, se deberán definir y mostrar su idoneidad con base en resultados experimentales y analíticos.

d) Trabajo de refuerzo

El acero de refuerzo que haya presentado deformaciones debido al daño se deberá corregir con un procedimiento adecuado durante los trabajos de rehabilitación o bien proceder a su remoción y reinstalación.

También, con el propósito de no ejercer un efecto nocivo en la estructura existente, será necesario considerar algunas medidas adecuadas en cuanto a la higiene, así como cuidados suficiente en cuanto a la seguridad durante los trabajos de construcción.

Comentarios

En cuanto a los procedimientos de rehabilitación de columnas, haciendo una gran división de los mismos, se pueden clasificar en métodos empleando inyección de resina epóxica en grietas, y colado de concreto nuevo en las partes dañadas.

Observando los ejemplos de rehabilitación de edificios dañados por sismo en el pasado, para columnas con nivel de daño menor o igual a III, se ha aceptado con generalidad el método de rellenar grietas por medio de inyección de resina epóxica, así

como cubrir con mortero epóxico algunas partes desprendidas del concreto original. Con respecto a procedimientos de rehabilitación como éstos, si para la reparación se considera la presente guía, y al realizar el trabajo de inyección de resina epóxica en el agrietamiento se tiene el cuidado suficiente, las características de comportamiento sísmico después del proceso de rehabilitación, se piensa que aproximadamente alcanzarán la condición que tenían hasta antes del daño.

Para la rehabilitación de columnas con nivel de daño igual o superior a IV, generalmente se emplea el método de colado de concreto nuevo o encamisado de concreto reforzado. En cuanto a la rehabilitación de columnas por medio de encamisado de concreto reforzado, generalmente en la mayoría de los casos se refuerzan las columnas incrementando la cuantía de acero de refuerzo lateral, e igualmente incrementando la sección transversal de concreto. Sin embargo, cuando se rehabilita o restablece a su forma original, aunque se emplee un procedimiento de colado de concreto nuevo, se considera que se está empleando un método de reparación y no de refuerzo. Indistintamente a si se trata de un procedimiento de reparación o a un procedimiento de refuerzo, en el caso del método de colado de concreto nuevo, si se tiene el cuidado suficiente al realizar los trabajos de colado, se puede pensar que las características de comportamiento sísmico después del trabajo de rehabilitación, aproximadamente serán iguales a las características de una columna nueva.

Por lo tanto, la evaluación de las características de comportamiento sísmico después de la rehabilitación para columnas que se rehabilitaron empleando los métodos de reparación y refuerzo antes mencionados, se podrá hacer conforme a la Norma de Evaluación de Estructuras de Concreto Reforzado.

En cuanto a otros métodos de refuerzo de columnas dañadas por sismo, allende al método de inyección de resina epóxica en grietas, existe también el encamisado con concreto reforzado mediante el cual se incrementa la sección transversal de la columna y se confina ésta con ángulos y soleras de acero soldadas, constituyéndose en un procedimiento que mejora la resistencia a cortante del elemento. Existen otros procedimientos que emplean elementos de acero estructural para confinar la sección de concreto reforzado. También, después de reparar una columna dañada empleando inyección de resina epóxica, es común la adición de muros patín con el propósito de incrementar la resistencia y rigidez del sistema.

Cuando se emplean este tipo de procedimientos de rehabilitación, no es suficientemente clara la solución al problema de comportamiento conjunto y monolítico de la parte original de la estructura y la nueva; sin embargo, la evaluación de las características de comportamiento sísmico después de la rehabilitación, se piensa que pueden hacerse conforma la Guía de Diseño para Reparación Sísmica de Estructuras de Concreto Reforzado. Además, en cuanto al detallado estructural, necesario para asegurar las características de comportamiento estructural sísmico esperadas, es recomendable emplear las reglas presentadas en la misma Guía de Diseño de Reparación Sísmica.

Igualmente, resultados de trabajo experimental realizados en modelos de columnas dañadas por sismo y rehabilitadas, se presentan en la Referencia 1, cuya consulta se recomienda.

En el caso de que el acero de refuerzo de la columna dañada presente pandeo o deformación permanente, se deberá corregir durante el proceso de rehabilitación, sin importar se trate de reparación o refuerzo empleando un procedimiento adecuado. En caso de rehabilitar el elemento sin corregir el pandeo en el acero de refuerzo, la eficiencia del mismo ante solicitaciones de compresión y tensión presentará degradación notable, imposibilitando considerar al elemento como rehabilitado. Por lo tanto, es necesario tomar las precauciones suficientes para eliminar esta clase de problemas.

También, en cuanto al concreto colado durante el proceso de rehabilitación, para que el efecto de la rehabilitación sea confiable, será necesario realizar los trabajos de construcción con suficiente cuidado para lograr el comportamiento monolítico entre el concreto nuevo y el viejo. Con objeto de elevar el comportamiento monolítico entre los concretos nuevo y viejo, también es usual proporcionar, con un método adecuado, un acabado rugoso a la superficie del concreto existente. También, cuando se desea colar concreto nuevo en la parte inferior de concreto ya existente, se propone dejar un espacio entre la superficie de concreto viejo y el nuevo a colar. Después del fraguado y endurecimiento del concreto nuevo, se inyecta a presión mortero con contracción nula, en el espacio dejado lográndose efectos positivos en el comportamiento monolítico entre concretos nuevo y viejo.

Nuevamente, durante la ejecución del trabajo de rehabilitación, se deberá tener cuidado suficiente para garantizar la seguridad durante los trabajos de construcción, así como evitar efectos nocivos y degradantes a la parte existente de la estructura.

En cuanto al detallado estructural de la rehabilitación de columnas, es deseable cumplir con los lineamientos que se mencionan abajo:

1) Al realizar la rehabilitación, se adicionará o reparará el acero de refuerzo lateral, uniendo los extremos con soldadura, por medio de traslapes mecánicos, o bien doblando los ganchos a 135 grados reglamentarios, logrando así la unión o el anclaje deseados.

2) Cuando en una rehabilitación se adicione malla electrosoldada, la longitud de traslape será de un hueco más 5 cm, o 15 cm, lo que resulte mayor.

3) En caso de que el acero de refuerzo longitudinal haya presentado deformación por daño, se deberá corregir o bien reparar.

4) Cuando se incrementa la sección transversal de la columna para mejorar la resistencia a cortante como único objetivo, se recomienda mantener con las dimensiones originales en una longitud de 30 cm en ambos extremos de la columna, la sección transversal de la misma

5) Al realizar un trabajo de refuerzo encamisando con soleras de acero estructural al elemento original, se emplearán elementos verticales de gran rigidez soldados a las

soleras en forma adecuada para proporcionar confinamiento suficiente ante las sollicitaciones de deformación de la sección transversal.

6) La cuantía de acero horizontal en muros patín de columnas será mayor a 0.3%, y su distribución y configuración deberá mantener un patrón similar al refuerzo lateral en columnas. El concreto del extremo del muro lateral deberá estar confinado para considerar que tiene un comportamiento adecuado.

7) Cuando en una columna reparada empleando inyección de resina epóxica se instalan muros patín adicionales, se recomienda extender el acero de refuerzo horizontal del muro, o bien colocar una cuantía mayor a 0.4% (quedando instalado para funcionar como anclas post-construcción) en la zona de unión vertical entre columna y muro. Este acero de anclaje, deberá tener una longitud de desarrollo dentro del muro mayor a $25d$ (donde d es el diámetro del acero de anclaje).

8) La cuantía de acero de anclaje en las partes superior e inferior del muro patín deberá ser mayor o igual a 0.4% (anclas post-construcción). Este acero de anclaje deberá tener una longitud de desarrollo dentro del muro mayor a $15d$.

9) El espesor del muro patín, deberá ser mayor a 20 cm, pero menor que el ancho de viga. También, la longitud horizontal del muro lateral deberá ser menor o igual a dos veces el peralte de la columna; en caso de muro patín únicamente en uno de los lados de la columna, esta longitud horizontal deberá ser menor a 0.5 veces el peralte de columna, pero mayor a 50 cm.

10) Los aspectos no contemplados en el presente cuerpo, se deberán realizar conforme a la Guía de Diseño de Reparaciones ante Sismo para Estructuras de Concreto Reforzado.

3.6.2 Aspectos importantes en la rehabilitación de muros estructurales

(1) Cuando se realiza un trabajo de reparación en muros estructurales

a) Objetivo y método

En lo que respecta a la reparación, el objetivo es garantizar que las características de resistencia y rigidez proporcionados por el proceso de rehabilitación sean iguales a las que tenía la estructura hasta antes de la ocurrencia del daño.

Los siguientes métodos satisfacen los objetivos de rehabilitación antes mencionados.

- Método de inyección de resina epóxica en grietas
- Método de colado de concreto nuevo

b) Evaluación de las características estructurales ante sismo después de los trabajos de rehabilitación

Se puede considerar que las características de resistencia y rigidez después de la rehabilitación de muros estructurales reparados empleando inyección de resina epóxica en agrietamientos, así como aquellos que fueron reparados colando concreto nuevo en la zona dañada, alcanzan los valores que tenían hasta antes de la ocurrencia del daño.

Sin embargo, en lo que respecta al método de reparación empleando inyección de resina epóxica en grietas, generalmente es difícil garantizar que la rigidez alcanzará el valor que tenía hasta antes del daño, por lo que en el caso de estructuras donde la degradación de rigidez constituya un efecto problemático, se deberá considerar adecuadamente dicho efecto.

c) Trabajo de rehabilitación

Para lograr que el material entre en la grieta de manera suficiente y adecuada, se deberá mantener el permeado de material por medio de una presión constante de inyección. Sin embargo, será necesario tener cuidado de tal modo que no provoque falla en el concreto por alta presión de inyección.

(2) Cuando se realiza el refuerzo de un muro estructural

a) Objetivo y procedimiento

El refuerzo tiene el objetivo de lograr características de resistencia y ductilidad en el muro estructural rehabilitado superiores a las que tenía hasta antes de la falla.

Como métodos de rehabilitación capaces de satisfacer los objetivos anteriores, existen los siguientes.

- Como procedimiento de rehabilitación en una estructura de marcos resistentes a momento, la instalación de muros estructurales de concreto reforzado precolados, o sistemas de contraviento de acero, se constituye como métodos que mejoran tanto la resistencia a cortante, como la capacidad a deformación del sistema.

- En un muro estructural dañado y reparado con inyección de resina epóxica, se pueden colocar muros de concreto reforzado precolados, método con el cual también se obtiene mejor comportamiento en resistencia a cortante y capacidad de deformación.

b) Características de comportamiento estructural antisísmico después de un trabajo de rehabilitación

La resistencia y capacidad a deformación de un muro estructural que ha sido rehabilitado, se evaluará con un método adecuado que considere las características físicas y mecánicas de los materiales empleados, así como las condiciones reales de los detalles del refuerzo.

c) Detalles de refuerzo

Al realizar los trabajos de rehabilitación por regla general se harán , los detalles cuando se emplean los procedimientos mencionados en el inciso a), conforme a lo indicado

en la Guía para Diseño de Reparación Sísmica de Estructuras de Concreto Reforzado Existentes (Asociación de prevención de Desastres en Edificaciones del Japón), así como en la Norma para Cálculo y Diseño de Estructuras de Concreto Reforzado (Instituto de Arquitectos de Japón). En caso de emplear un detalle estructural especial o característico, se deberá definir finalmente con base en una investigación experimental y/o analítica.

Comentarios

Dentro de los procedimientos de reparación comparativamente más solicitados en el caso de muros estructurales dañados por sismo, se encuentran la inyección de resina epóxica en grietas, y el colado de concreto nuevo en las zonas dañadas.

Para muros estructurales con nivel de daño menor o igual a III, se inyecta resina epóxica en las grietas, y las partes donde se presentó desprendimiento y caída de concreto se rellenan de resina epóxica. En el caso de un muro estructural con daño severo, se propone la rehabilitación a la forma original colando nuevamente concreto en las zonas dañadas. Estos procedimientos de rehabilitación son los que se presentan como relevantes en la presente guía.

También, con respecto a rehabilitación, existen métodos relativamente de amplio uso como es el instalar muros precolados post-construcción en el interior de algunas crujeas de marcos resistentes a momento existentes, esperando contribuyan como muros estructurales en el comportamiento de la estructura; igualmente, en muros estructurales existentes se adiciona concreto con la finalidad de incrementar el ancho del mismo. Según estos métodos, después del proceso de rehabilitación, las características de comportamiento sísmico de las partes dañadas generalmente son superiores a las originales, por lo que en la presente guía se presentan como procedimientos de refuerzo relevantes.

El cálculo de rigidez y resistencia de muros estructurales reparados, así como de muros estructurales reforzados, de una manera similar al caso de las columnas rehabilitadas, se pueden realizar por regla general empleando la Norma de Evaluación de Estructuras de Concreto Reforzado, o la Guía de Diseño de Reparación de Estructuras de Concreto Reforzado. Sin embargo, en estos casos será necesario tratar de respetar los detalles estructurales que se identifican abajo.

1) La superficie de unión de la junta de un muro colado post-construcción con las vigas y columnas existentes, deberá ser rugosa.

2) La unión entre los elementos estructurales existentes y los muros adicionados post-construcción, deberá contener barras de anclaje post-construcción instaladas en las vigas y columnas que correspondan.

Respecto a los métodos de instalación de estas barras de anclaje, se presenta una explicación detallada en la Guía de Diseño de Reparación de Estructuras de Concreto Reforzado.

3) El diámetro de las barras de anclaje, la separación y el procedimiento de colocación de las mismas, se hará conforme se indica:

diámetro de la barra de anclaje, ϕ :	$13 \text{ mm} \leq \phi \leq 19 \text{ mm}$
separación de anclado, s :	$7.5d \leq s \leq 30 \text{ cm}$
recubrimiento efectivo:	mayor o igual a $5d$
anclaje en el núcleo:	mayor o igual a 5 cm, penetrando suficientemente en el refuerzo longitudinal (núcleo de concreto)
medida de malla:	mayor o igual a $5d$

4) El espesor del muro será mayor o igual a 15 cm

5) El porcentaje de acero de "dovela" será mayor o igual a 0.5%

6) En el caso de refuerzo de muros estructurales con abertura, se permite la demolición de los elementos originales y construir unos nuevos en su lugar. También, después de reforzar la parte de la abertura hasta obtener eficiencia en el comportamiento del muro, se permite reforzar los muros adicionando concreto nuevo parcialmente.

7) El acero de refuerzo del muro serán barras lisas de diámetro mayor o igual a 9 mm, o barras corrugadas de diámetro mayor o igual a 10 mm; el porcentaje de acero de refuerzo en el muro será mayor o igual a 0.4%. El refuerzo del muro será colocado en dos capas, la longitud de traslape entre el acero de refuerzo del muro y el acero de ancla post-construcción será igual o mayor a 25 d (d, diámetro del acero de refuerzo del muro).

8) La resistencia del concreto empleado en los muros adicionados, deberá ser mayor a 210 kg/cm², o la resistencia del concreto en los elementos existentes de origen, cualquiera de los valores que sea más alto.

9) Con objeto de fomentar la adherencia entre el concreto y el acero del ancla post-construcción, se habilitará el acero cumpliendo los requisitos para adherencia.

10) La longitud de anclaje del acero del ancla post-construcción dentro del muro, será mayor o igual a 30d (d: del diámetro del acero de ancla post-construcción).

11) Con respecto a la rehabilitación de un muro estructural, el método de refuerzo para las columnas de borde será conforme se indica en la sección 3.6.1. El método de refuerzo para las vigas será conforme se indica en la sección 3.6.3. Para el colado del concreto nuevo en el muro, se deberán preparar las superficies de unión en vigas, columnas y muros existentes, eliminando el material de acabado y proporcionándole a la superficie características rugosas.

12) *No es necesario emplear dispositivos mecánicos específicos en la unión entre el muro estructural original y el concreto nuevo del muro. Sin embargo, cuando se presente una diferencia notable entre los ejes de muro y columna al colar el concreto nuevo, será deseable colocar adecuadamente anclas entre el muro colado post-construcción y el muro original.*

13) *El espesor del muro colado adicional será mayor o igual a 12 cm. La resistencia del concreto empleado en el mismo, así como el diámetro del acero de refuerzo y el porcentaje de acero, en el caso de refuerzo empleando muros adicionales, serán los valores mínimos especificados en el reglamento. Al realizar la rehabilitación, se considerarán las medidas y procedimientos adecuados para eliminar la existencia de espacio entre el concreto colado para refuerzo y el elemento estructural inmediato superior, tratando de lograr un comportamiento monolítico adecuado. En este caso, en la parte superior del muro de refuerzo, se dejará una holgura al colar el concreto nuevo en la cual, después del fraguado del concreto se inyecte a presión un mortero de alta resistencia y nula contracción, logrando con este procedimiento incrementar de manera efectiva el comportamiento monolítico del elemento de refuerzo con los elementos originales de la estructura.*

14) *En caso de presencia de barras de acero deformadas por el daño, estas deberán repararse o sustituirse.*

15) *En caso de emplear armaduras de acero, los detalles en las mismas deberán satisfacer las indicaciones que sobre detallado estructural se presentan en la Guía para Diseño de Reparación y Refuerzo de Estructuras de Concreto Reforzado.*

3.6.3 Aspectos importantes a considerar en la rehabilitación de trabes y vigas

Los elementos estructurales de un edificio de concreto reforzado son además de las columnas y los muros, las vigas, las losas y las uniones viga-columna. La rehabilitación de vigas, losas y uniones viga-columna se deberá llevar a cabo con métodos de demostrada eficiencia.

Específicamente, respecto a los métodos de rehabilitación, se deberán emplear aquéllos que correspondan con lo indicado como aspectos importantes de rehabilitación para columnas y muros estructurales en las secciones 3.6.1 y 3.6.2, respectivamente.

En cuanto al procedimiento de rehabilitación de las losas en estructuras a base de muros estructurales, se deberá realizar aplicando un procedimiento que corresponda a lo indicado en la sección 3.6.2 sobre aspectos de mayor importancia en la rehabilitación de muros estructurales.

3.6.4 Aspectos importantes a considerar en la rehabilitación de elementos secundarios

Al realizar la rehabilitación de elementos secundarios o elementos anexos a los elementos estructurales, se deberá analizar e investigar que no representen un efecto nocivo a la capacidad y comportamiento sísmico de los elementos estructurales columna y viga por

ejemplo. Además, se deberá verificar su seguridad ante la posibilidad de caída o volcamiento del elemento secundario.

3.6.5 Aspectos importantes a considerar en la rehabilitación de la estructura de cimentación

En cuanto a la rehabilitación de la estructura de cimentación, se realizará una inspección e investigación suficiente y adecuada de las condiciones del suelo, configuración del terreno y de las condiciones de carga que transmite la superestructura, para seleccionar la tecnología y procedimiento constructivo adecuado para los trabajos de rehabilitación.

Comentarios

1) Cuando se han dañado elementos estructurales sísmicos, como columnas y trabes, por la existencia de parapetos o muros no-estructurales parcialmente ligados a la estructura, se necesita tomar medidas adecuadas para reducir el daño en los elementos principales como columnas y trabes en sismos posteriores, proporcionando una holgura adecuada y suficiente entre ellos.

Pero, al separar los elementos no-estructurales, es necesario revisar su seguridad ante caída y volcamiento, sobre lo cual se puede consultar la Referencia 2.

2) Se podrán reconstruir los elementos no-estructurales en donde se observen daños independientes a los daños asociados con los elementos estructurales como columnas y trabes. Sin embargo, hay ejemplos de que la falla de un muro no-estructural impide abrir alguna puerta. Así, a veces el daño en elementos no-estructurales, afectan también la funcionalidad de otros elementos no-estructurales. Por lo tanto, al reforzar los elementos no-estructurales, se debe considerar la influencia sobre la funcionalidad de otros elementos, previniendo la falla de elementos no-estructurales que son importantes para la prevención de desastres.

También, al restaurar el vidrio dañado de las ventanas, hay que prevenir la ocurrencia del daño ante un nuevo evento, revisando el diseño del marco de ventana y los materiales.

3) Al restaurar los elementos secundarios dañados que sean rígidos y frágiles, (por ejemplo, muros de bloque de concreto, muros de concreto precolado, muros aleros, parapetos, etc.), hay que tomar medidas contra su caída y volcamiento. Si no existe un método adecuado de refuerzo, es recomendable demolerlos y sustituir por otros elementos.

4) Al restaurar las estructuras secundarias como apéndices y escaleras exteriores, se requiere la revisión ante fenómenos de vibración local, y deberá proporcionar el refuerzo necesario.

5) Hay muchos ejemplos de daño en la superestructura por la falla de la estructura de cimentación o del suelo. En el sismo de Niigata (1964) se desplomó la superestructura

por el deterioro de la resistencia del suelo arenoso húmedo, y la ocurrencia del fenómeno de licuación debido a la vibración que generó el sismo. Durante el sismo de la costa de Miyagi (1978), algunos edificios se desplomaron debido a la falla de los pilotes de apoyo de la superestructura; en el sismo de Alaska (1963), ocurrió el deslizamiento lateral de tierra en una zona extensa y las superestructuras sufrieron daño por vibración y grandes desplazamientos relativos del suelo. Sin embargo, el daño en la estructura de cimentación es difícil de observar y tiende a no ser considerado en los trabajos de refuerzo y rehabilitación. No pocos daños en estructuras de cimentación se descubrieron después de varios años de la ocurrencia del sismo de daño.

Existen, en gran escala, dos métodos conocidos de restauración y refuerzo ante el daño de la estructura de cimentación; la reconstrucción del edificio con desplomo importante, y el refuerzo y rehabilitación de los elementos dañados en la cimentación. El primer método se empleó en el caso del sismo de Niigata, y el segundo en el caso del sismo de la costa de Miyagi.

También hay ejemplos de demolición de edificios dañados y construcción de uno nuevo sin hacer ninguna consideración de rehabilitación de la estructura de cimentación aunque fuera posible su refuerzo. Esto debido a que los trabajos de rehabilitación de estructuras de cimentación, generalmente representan un alto costo comparativamente con los procedimientos de rehabilitación de la superestructura. En la norma para la evaluación de la necesidad de refuerzo de estructura de cimentación, que se ha mostrado en la tabla 3.1, se propone la necesidad de refuerzo consultando el ejemplo del sismo de Niigata, y tomando en cuenta los aspectos económicos.

Además, aun en la actualidad no es clara la continuidad y efectividad de los trabajos de rehabilitación de cimentaciones, como puede ser la extensión de la losa de cimentación, o el aumento de pilotes, ni las técnicas de reparación y refuerzo se han aclarado suficientemente como los procedimientos empleados en las superestructuras.

De cualquier modo, cuando se ha dañado la estructura de cimentación, habrá que emplear un método adecuado, haciendo énfasis en la recuperación y mejoramiento de la resistencia a soportar las solicitaciones que la superestructura ejerce sobre la cimentación. En caso de reconstrucción de un edificio con problema de desplomo, si se encuentra un espacio adecuado en el terreno de la vecindad, es más eficaz construir una nueva cimentación y sobre ella construir el nuevo edificio. En caso de que se han dañado los pilotes, se recomienda que antes de la construcción e hincado de los nuevos pilotes, primero se proceda al trabajo de reparación y refuerzo de los pilotes dañados, y posteriormente fabricar e hincar los nuevos elementos.

También se necesita considerar la resistencia lateral de la estructura de cimentación. Cuando se refuerzan los pilotes, es recomendable determinar el detalle de unión entre las secciones de los mismos, considerando tanto la resistencia ante solicitación axial, como la demanda de capacidad ante momentos flexionantes y fuerzas cortantes producto de la excitación lateral. También, en caso de cimentaciones superficiales, se requerirá la revisión de la capacidad del suelo inmediato inferior ante las solicitaciones de esfuerzos a los que se verá sujeto. Igualmente deberán revisarse las condiciones de

equilibrio, así como las condiciones y configuración del terreno a fin de evitar fenómenos de asentamientos diferenciales y desplomo.

Para la ejecución de un proyecto de rehabilitación de una estructura de cimentación, es recomendable considerar y consultar ejemplos de daños en el pasado. Las Referencias 3 y 4 ofrecen algunos ejemplos adecuados.

Parte III.

EJEMPLOS DE APLICACION

Parte III. EJEMPLOS DE APLICACION

(1) HOSPITAL DE LA CIUDAD DE NAMIOKA

1. Introducción

En este capítulo, se considera un edificio dañado por el sismo del mar de Japón, ocurrido en 1983, como ejemplo de aplicación de la Norma de Evaluación del Nivel de Daño. Además, se presentan los resultados de la evaluación inmediata de emergencia del nivel de seguridad, así como de la evaluación de la clasificación y nivel de daño. También se presentan los resultados de la evaluación para rehabilitación inmediata de emergencia, y los resultados de la evaluación para la rehabilitación definitiva. En el año de la ocurrencia del sismo, todavía no existía ninguna guía de técnicas de refuerzo y rehabilitación, por lo tanto, este ejemplo en ocasiones no coincide perfectamente con la guía presentada en este texto. Sin embargo, se ha modificado en lo posible para recerse como materia de consulta.

2. Descripción del sismo

El 26 de mayo de 1983 ocurrió el sismo del mar de Japón ($M=7.7$) cuyo epicentro se localizó aproximadamente 100 km de la costa de Noshiro. Producto del sismo se dañó severamente el hospital general de la ciudad de Namioka, situado en la ciudad del mismo nombre, en la prefectura de Aomori (aproximadamente a 150 km del epicentro). Este sismo presentó la mayor magnitud de los sismos registrados a la fecha en la costa del mar de Japón, y se caracteriza por la larga duración del evento principal, 60 segundos. Se supone que la intensidad del sismo en la ciudad fue superior al grado V en la escala de la Agencia Meteorológica del Japón. Abajo se presenta un resumen de las características mas importantes del sismo, y en la figura 1 se muestra el mapa de intensidades.

Evento principal

Nombre:	sismo del mar de Japón, 1983
Fecha :	12:00 h, 26 de mayo, 1983
Magnitud :	$M=7.7$
Epicentro:	longitud este $138^{\circ}54'$, latitud norte $40^{\circ}24'$, 0 - 10 km de profundidad
Duración:	aproximadamente 60 segundos

Aceleración calculada en la superficie de sitios de interés: aproximadamente 200 cm/s^2 de aceleración máxima

Máxima réplica del evento principal

Fecha:	15:25h, 21 de junio, 1983
Epicentro:	longitud Este $139^{\circ}09'$, latitud Norte $41^{\circ}16'$
Magnitud:	$M=7.0$

Fuente de datos del sismo
 (Agencia Meteorológica del Japón)
 Fecha y hora :
 26 de Mayo, 1983. 11:59:57.5
 Epicentro: Latitud norte 40° 21'
 Longitud este 139° 05'
 Profundidad: 14 km
 Magnitud: 7.7

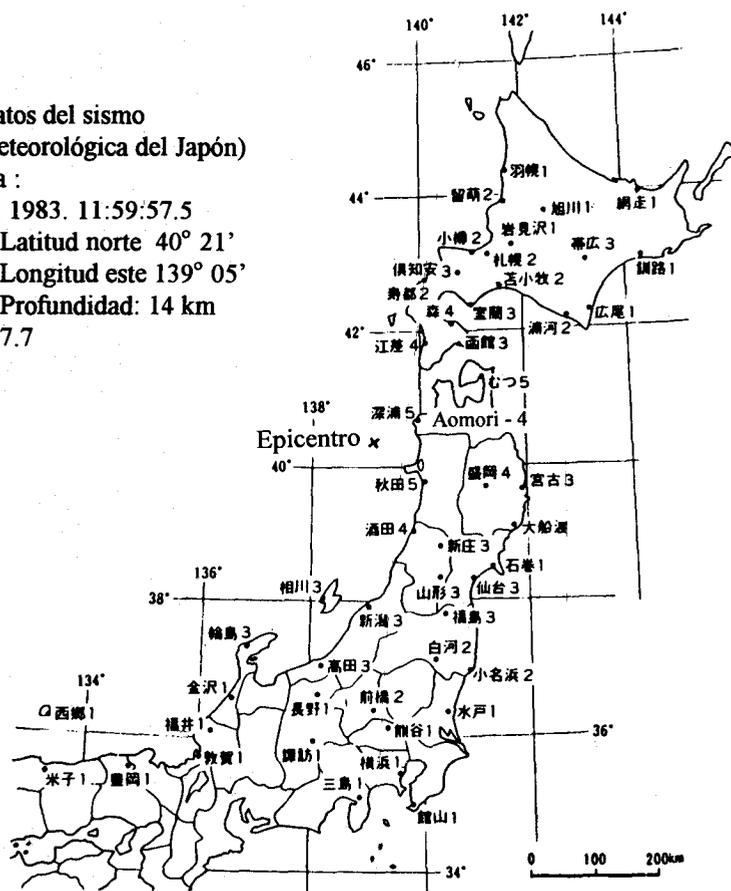


Figura 1. Intensidad en cada región

3. Descripción del edificio y del daño

3.1 Descripción del edificio

La construcción del edificio se inició en 1968, terminándose en 1970; por lo tanto, la estructura no sufrió los efectos del sismo de Tokachi-oki en 1968. La planta del conjunto de edificios es rectangular, contando con una estructura de cinco pisos que sirve como pabellón hospitalario, y otras estructuras de uno y dos pisos, conformando la sección de consulta de enfermos no hospitalizados. El daño grave se concentró en el edificio de cinco pisos. Por eso, se tomará como ejemplo de aplicación solamente la parte del pabellón. En la figura 2, se muestra la planta del segundo piso que sufrió la mayor concentración de daño, y en la figura 3 se muestra la elevación del lado sur. Abajo se presenta una descripción resumida del edificio.

a. Localización: No.180, Ooaza Namioka Azahirano, Namioka-chou, Minami Tsugaru-gun, Prefectura de Aomori

b. Uso: hospital general (sótano; cocina, sala de máquinas, planta baja y primer piso; consultorio, farmacia, sala de análisis, sala de operaciones, etc. Segundo a cuarto piso; sala de hospital, cuarto de enfermeras, etc.)

c. Dimensión y distribución: sótano, cinco pisos, dos "pent-houses". Area de construcción: 2,132 m²; superficie total: 5,681 m², altura del cuerpo principal: 18.62 m, altura máxima: 25.35 m (incluyendo "pent-house")

d. Estructura: concreto reforzado

e. Cimentación y suelo: cimentación de pilotes hincados a golpes. Pilotes de concreto reforzado con diámetro de 300 mm y longitud de 10 m (en toda la superficie excepto cubo de servicios); y, pilotes con diámetro de 350 mm y longitud de 6 m (en la parte de cubo de servicios). El lecho de la capa dura o suelo de apoyo, ubicado a una profundidad superior a 10 m abajo del nivel del terreno, es de ceniza volcánica sedimentaria con un número de golpes igual o superior a 50 (prueba de penetración estándar)

f. Material principal: concreto normal $f'_c=210$ kg/cm². Acero de refuerzo SD35 (D13-D25, equivalente a No. 4 a No. 8) y SR24, con esfuerzo de fluencia de 3500 y 2400 kg/cm², respectivamente.

g. Forma del edificio y características de marcos estructurales:

1) El conjunto de edificios forma una planta rectangular, en cuyo lado Norte existe una estructura que tiene un sótano, cinco pisos y dos "pent-houses"; en el lado Este existe una estructura de dos pisos; y los extremos Sur y Oeste son estructuras de una sola planta. En resumen, el conjunto se compone de una parte de cinco niveles, y las partes restantes de baja altura. La parte de altura baja es una construcción de ampliación.

2) La dirección larga de la parte de la estructura de cinco niveles, tiene cinco claros de 8.25 m y un claro de 3 m. En la dirección corta la estructura tiene dos claros de 6 m y un pasillo central de un claro de 3 m.

3) En los marcos exteriores (marco G y J) de la dirección larga de la estructura de cinco niveles, existen parapetos de 900 mm de altura. Por lo tanto, la relación de altura libre de columna a peralte es igual a 3.0 para las columnas de estos marcos exteriores y 4.5 para las columnas de los marcos interiores.

4) En los niveles 3 a 5 de la dirección corta, existen muros de concreto reforzado entre las salas del hospital; sin embargo, estos muros desaparecen en los niveles 1 y 2, observándose así una continuidad insuficiente de rigideces entre niveles con la altura del edificio.

5) En el azotea, en la esquina Noroeste, existe una chimenea de concreto reforzado de 7 m de altura, y un "pent-house" de dos pisos (altura total 6.7 m, con un tanque para almacenamiento de agua en la parte superior del nivel 2) que se localiza un poco hacia el Este

del centro de masas de la estructura. Además, existen parapetos de 1.4 m de altura en los marcos exteriores de la dirección corta.

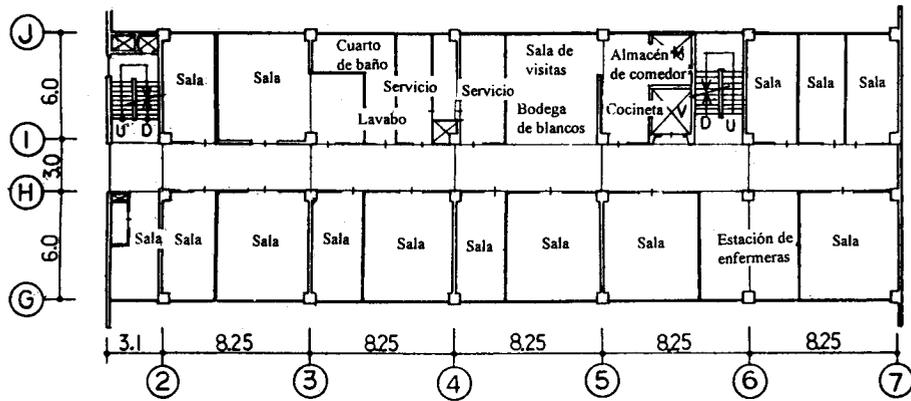


Figura 2. Planta del tercer nivel (Distribución de salas en el edificio de 5 niveles)

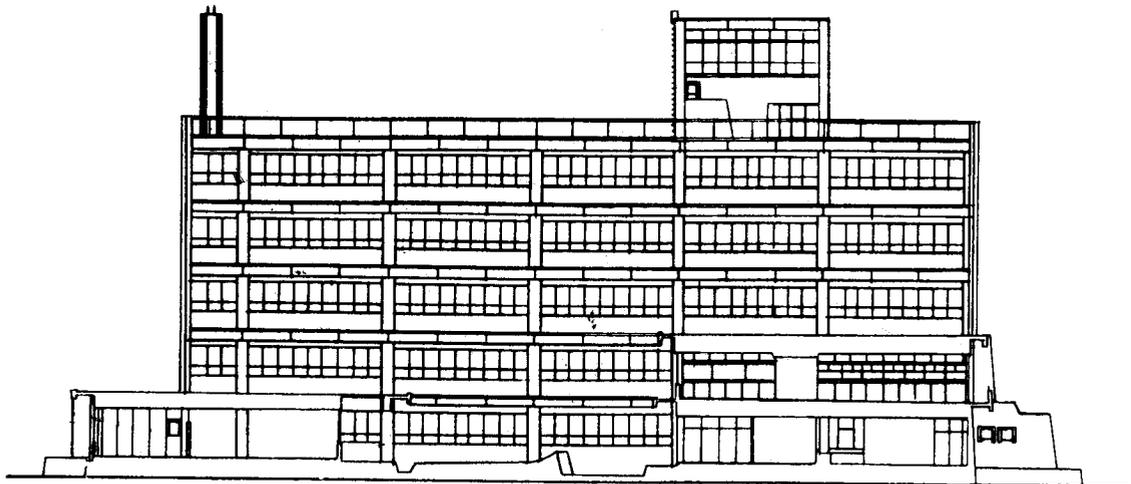


Figura 3. Elevación sur

3.2 Descripción del daño

Los tres edificios de uno y dos pisos, que componen el complejo junto con el edificio de cinco niveles, afectaron por su gran rigidez a este último, generando un gran daño en los niveles intermedios 3 y 4; presentando configuraciones y patrones de daño especial. Se puede resumir el estado de daños principales según los pisos y las direcciones como sigue. Con respecto a la estructura de cimentación, no se observó ningún daño, tampoco asentamientos del terreno o desplomo según la investigación detallada.

(1) Construcción total

- a. Es más notable el daño en la dirección larga que en la dirección corta.
- b. En general, se observa el daño grave en los niveles 3 y 4, presentándose daño medio en el nivel 5. En el nivel 2 el daño es menor y el daño en el nivel 1 y sótano es ligero.
- c. Se cayeron una gran cantidad de vidrios de ventana. El tanque de agua en el "pent-house" sufrió daño. El elevador fue severamente dañado quedando inservible. Se inclinaron la chimenea de concreto reforzado en la azotea (fotografía 1) y los parapetos de la azotea en la dirección corta. A pesar de estos daños, no hubo pérdida de vidas, ni heridos.

(2) Dirección larga

- a. Muchas de las columnas con parapeto ligado de los marcos exteriores (marcos G y J) de los niveles 3 a 5 fallaron por cortante, especialmente en los niveles 3 y 4. Algunas columnas del nivel 3, que tenían una gran cantidad de refuerzo longitudinal, fallaron por adherencia. En las fotografías 2 y 3, se muestran los estados del daño típico de las columnas.
- b. Los muros de los niveles 2 a 5, que existen parcialmente y no presentan distribución uniforme, se agrietaron o fallaron por cortante (fotografía 4). El daño en muros es más notable en el nivel 3 que en el nivel 5, lo que coincide con el daño de las columnas. No se observa ningún daño en el nivel 1 y en el sótano.

(3) Dirección corta

- a. Las columnas de los niveles arriba del tercero, no sufrieron daño. Pero en los niveles 3 y 1, las columnas con parapeto ligado de los ejes 5 y 7 se agrietaron diagonalmente.
- b. Aunque se agrietaron diagonalmente los muros de los niveles superiores al 2, no hubo daño notable. No se observa ningún daño en el sótano.
- c. En la frontera del edificio de 5 niveles con los edificios aledaños, que por diseño se consideraba como junta de comportamiento monolítico, por diferencia en los tiempos de colado y el comportamiento dispar de las estructuras, se presentó separación máxima de 2 cm entre los cuerpos.

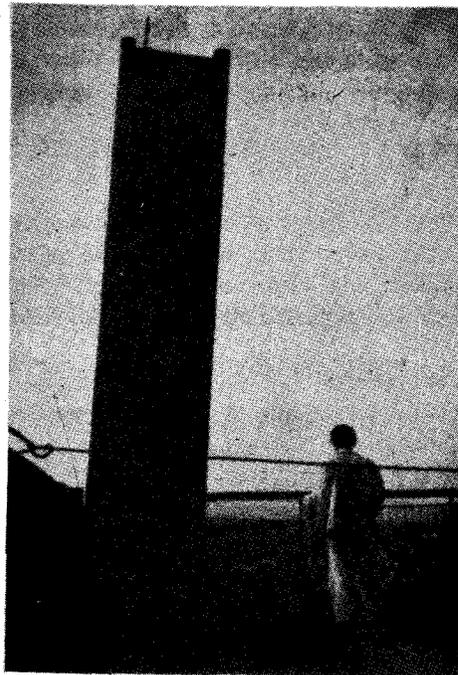
d. Una viga de claro de cortante pequeño, ubicada en la parte inferior del pent-house., falló por cortante debido a concentración de esfuerzos.

(4) Otros daños

a. No hubo gran daño en traveses y losas; sin embargo, la losa de escalera presentó falla parcial.

b. Con respecto a equipos médicos, se volcó el equipo de radiografía y sufrieron daño los estantes para jeringas, frascos y destiladores.

Se investigó el nivel de daños para cada columna y muro, y se midió anchura de agrietamientos. También, se investigó la correlación entre agrietamientos de recubrimientos y agrietamientos del concreto en los elementos estructurales.



Fotografía 1. Inclinación o desplomo de la chimenea de azotea



Fotografía 2. Daño en columna con parapeto ligado (Nivel de daño IV)



Fotografía 3. Daño en columna con parapeto ligado (Nivel de daño V)



Fotografía 4. Daño en muro de concreto reforzado en el eje J, entre los ejes 5 y 6 (Nivel de daño IV)

4. Evaluación inmediata de emergencia del nivel de peligro y riesgo

4.1 Condición de daño por asentamientos del terreno, desplomo y daño en elementos individuales

a. Inspección e investigación del exterior

- Aunque se agrietó el concreto de banquetas alrededor del edificio, no hubo asentamientos del terreno ni desplomo. Por lo tanto, se clasifica dentro de nivel de daño A.

- Se elige el tercer nivel que presentó la mayor concentración de daño para la inspección e investigación del nivel de daño en los elementos estructurales.

- Con respecto a las columnas exteriores de la dirección larga, la mayoría fallaron por cortante, sufriendo desprendimiento del concreto y el descubrimiento del acero de refuerzo; en algunas partes se registró pandeo del refuerzo longitudinal. Es obvio que la clasificación resulta ser dentro del nivel C sin necesidad de cálculo.

- Con respecto a la posibilidad de caída de objetos, se clasifica dentro del nivel C, por la falla de una gran cantidad de vidrios de ventana en las fachadas Sur y Norte.

- Los agrietamientos y desprendimiento de los azulejos a lo largo de los agrietamientos del concreto en la fachada Oeste, se clasifican dentro del nivel C.

- Los parapetos de la azotea en la dirección corta, que presentan problemas de flexión en la base y están inclinados hacia fuera, se clasifican dentro del nivel C.

- La chimenea de concreto reforzado de la azotea, presenta gran inclinación, por lo que se clasifica dentro del nivel C.

b. Inspección e investigación del interior

- El daño se clasificó con nivel de falla y pérdida III en las columnas interiores de los ejes H y I.
- Los muros divisorios de bloque de concreto se agrietaron y presentaron desmoronamiento.
- En el descanso de escaleras interiores, donde cruzan dos estructuras de escaleras, hay falla y daño severo del concreto.
- Además de los puntos citados arriba, existen fallas y pérdidas en los equipos médicos y en los elevadores.

4.2 Resultados del proceso de inspección y evaluación, y la medida a considerar

En la tabla 4.1, se muestra la tabla resultado de la inspección e investigación del proceso de evaluación inmediata de emergencia del nivel de seguridad obtenida considerando los aspectos presentados en la sección anterior.

a. Resultado de la evaluación

- Con respecto al edificio total, se clasifica con nivel de "peligro" por tener más de un daño clasificado con nivel C, según la investigación del exterior.
- Con respecto a la posibilidad de caída de objetos, se clasifica con nivel de "peligro" por tener más de un daño clasificado con nivel C.
- Con respecto a la posibilidad de caída y vuelco de objetos, se clasifica con nivel de "peligro" por tener más de dos daños clasificados con nivel C.

b. Medidas y recomendaciones.

- Se prohíbe la entrada al edificio, ya que se ha calificado con nivel de "peligro" respecto a la caída y volcamiento de objetos.
- Se prohíbe la entrada a la vecindad de la chimenea y de los parapetos de la azotea, ya que hay posibilidad de su caída. Además, se plantea la demolición y retiro inmediato de la misma chimenea, si es posible.

Tabla 4.1 Formato para inspección y evaluación inmediata de emergencia del nivel de peligro y riesgo (para edificios de concreto reforzado)

No. DE INMUEBLE 2

INSPECTOR	NOMBRE: AFILIACIÓN:	RESULTADO DE LA EVALUACIÓN			OBSERVACIONES Y MEDIDAS RECOMENDADAS	
FECHA DE INSPECCIÓN	FECHA: AÑO: MES: DÍA: HORA:	NIVEL DE RIESGO Y PELIGRO	SEGURO	PRECAUCIÓN	PELIGRO	
[] PRIMERA INSPECCIÓN [] SEGUNDA INSPECCIÓN [] NÚMERO DE INSPECCIÓN [] VECES]		EDIFICIO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> PROHIBIDO EL ACCESO <input type="checkbox"/> PRECAUCIÓN AL ENTRAR <input type="checkbox"/> ACCESO POSIBLE
		CAÍDA DE OBJETOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
		VOLCAMIENTO DE OBJETOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
		POSIBILIDAD DE USARLO COMO ALBERGUE (EDIFICIOS PÚBLICOS) [] POSIBLE [X] IMPOSIBLE				
REPORTE AL USUARIO [] EXISTE [] POSTERIOR		NECESARIO ENTREVISTARSE CON LOS USUARIOS PARA INFORMAR SOBRE LAS MEDIDAS DE PRECAUCIÓN [] NO [X] SI				
DESCRIPCIÓN E INFORMACIÓN DEL EDIFICIO	NOMBRE DEL EDIFICIO	HOSPITAL PÚBLICO NAMIOKA			OBSERVACIONES (Comentarios sobre medidas, rehabilitación de emergencia, y sitios donde se prohíbe el acceso) La inspección de daño se llevó a cabo en el tercer nivel.	
	DIRECCIÓN Y UBICACIÓN	NAMIOKA-CHO, MINAMI-TSUGARU-GUN, PREFECTURA DE AOMORI				
	DUÑO O USUARIO DEL EDIFICIO	DIRECCIÓN: NAMIOKA-CHO, MINAMI-TSUGARU-GUN, PREFECTURA DE AOMORI NOMBRE: TELÉFONO:				
	USO DEL EDIFICIO	[] GENERAL	[] OFICINAS [] FABRICAS	[] RESIDENCIAL [] BODEGAS		[] DEPARTAMENTOS [] TIENDAS [] OTROS ()
		[X] PÚBLICO	[] ESCUELAS [] GIMNASIO	[] JARDÍN DE NIÑOS		[] CENTROCOMUNITARIO [] HOSPITAL [] OTROS ()
	TIPO DE CONSTRUCCIÓN	[] COMPUESTA ACERO-CONCRETO [] MAMPOSTERÍA	[X] CONCRETO REFORZADO [] CONCRETO PRECOLADO			
	SISTEMA ESTRUCTURAL	[X] MARCOS RESISTENTES A MOMENTO [] OTROS ()	[] MUROS ESTRUCTURALES			
	DIMENSIONES DEL EDIFICIO	NÚMERO DE NIVELES	SUPERESTRUCTURA: <u>5</u> PISOS, PH: <u>2</u> PISOS, SÓTANO: <u>1</u> PISO			
		PLANTA	<u>1</u> PISO, APROXIMADAMENTE <u>49.5</u> (m) x <u>46.5</u> (m)			
	CONFIGURACIÓN DEL SUELO Y TERRENO	[X] TERRENO PLANO [] TERRENO INCLINADO [] ALTIPLANO [] HONDONADA				
CONFIGURACIÓN DEL SUELO EN LA VECINDAD	[] CAÑÓN A _____ m, [X] RÍO / MAR / LAGO / PÁNTANO A _____ m					
MATERIALES DE ACABADO EXTERIOR	[X] CONCRETO [X] MORTERO [X] AZULEJO [] PIEDRA [] MUROS PRECOLADOS [] PANELES PREFABRICADOS [] BLOQUES [] PANELES DE CONCRETO LIGERO [] OTROS ()					
INSPECCIÓN DEL EXTERIOR (SE REALIZA EN TODOS LOS EDIFICIOS)	ASPECTOS DE INSPECCIÓN E INVESTIGACIÓN	MÉTODO DE INSPECCIÓN E INVESTIGACIÓN, OBJETO MODELO	NIVEL A DE DAÑO	NIVEL B DE DAÑO	NIVEL C DE DAÑO	
	DESPLOMO DEL EDIFICIO	DESPLOMO DEBIDO A ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES	[X] < 1° (1/60)	[] 1° - 2° (1/60 1/30)	[] ≥ 2° (1/30)	
	ASENTAMIENTO DEL EDIFICIO	ASENTAMIENTO TOTAL POR FALLA DEL SUBSUELO	[X] < 0.2 m	[] 0.2 - 1.0 m	[] ≥ 1.0 m	
	FALLA EN COLUMNAS EXTERIORES DE EDIFICIOS A BASE DE MARCOS RESISTENTES A MOMENTO (PORCENTAJE DE COLUMNAS INVESTIGADAS = 100 %)	(NÚMERO DE COLUMNAS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA IV) / (NÚMERO DE COLUMNAS EXTERIORES INVESTIGADAS)	[] < 10 (%)	[] 10 - 20 (%)	[] ≥ 20 (%)	
		(NÚMERO DE COLUMNAS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA V) / (NÚMERO DE COLUMNAS EXTERIORES INVESTIGADAS)	[] < 1 (%)	[] 1 - 10 (%)	[] ≥ 10 (%)	
		CUANDO A SIMPLE VISTA SE PUEDE CATALOGAR CON NIVEL C	[X] _____	
	FALLA EN MUROS EXTERIORES DE EDIFICIOS A BASE DE MUROS ESTRUCTURALES (PORCENTAJE DE MUROS INVESTIGADOS = %)	(LONGITUD TOTAL DE MUROS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA IV) / (LONGITUD TOTAL DE MUROS EXTERIORES INVESTIGADOS)	[] < 10 (%)	[] 10 - 20 (%)	[] ≥ 20 (%)	
		(LONGITUD TOTAL DE MUROS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA V) / (LONGITUD TOTAL DE MUROS EXTERIORES INVESTIGADOS)	[] < 1 (%)	[] 1 - 10 (%)	[] ≥ 10 (%)	
		CUANDO A SIMPLE VISTA SE PUEDE CATALOGAR CON NIVEL C	[] _____	
	CONCLUSIÓN, RESUMEN	EXISTENCIA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON NIVEL DE DAÑO SUPERIOR A III: [X] SI [] NO	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL A <u>2</u>	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL B <u>0</u>	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL C <u>1</u>	
DESPRENDIMIENTO Y CAÍDA DE OBJETOS	[X] DAÑOS EN VIDRIOS DE VENTANAS	[] < 1 (%)	[] 1 - 10 (%)	[X] ≥ 10 (%)		
	[X] DAÑOS EN ACABADO EXTERIOR [X] MORTERO [X] AZULEJOS [] PIEDRA	[] DAÑO MENOR	[] AGRIETAMIENTO Y SEPARACIÓN PARCIAL	[X] AGRIETAMIENTO Y SEPARACIÓN Y CAÍDA		

ASPECTOS DE INSPECCIÓN E INVESTIGACIÓN		MÉTODO DE INSPECCIÓN E INVESTIGACIÓN, OBJETO MODELO	NIVEL A DE DAÑO	NIVEL B DE DAÑO	NIVEL C DE DAÑO
DESPRENDIMIENTO Y CAÍDA DE OBJETOS	<input type="checkbox"/> DAÑOS EN ACABADO EXTERIOR <input type="checkbox"/> CONCRETO PREFABRICADO <input type="checkbox"/> PANELES DE CONCRETO LIGERO <input type="checkbox"/> BLOQUES	<input type="checkbox"/> OBSERVACIÓN VISUAL DE GRIETAS	<input type="checkbox"/> GRIETAS IMPORTANTES SE OBSERVA EL OTRO LADO DEL PANEL	<input type="checkbox"/> MOVIMIENTO RELATIVO EN LA GRIETA FALLA DEL PANEL	
	<input checked="" type="checkbox"/> PASILLO Y BALCÓN <input checked="" type="checkbox"/> PARAPETO <input type="checkbox"/> PUBLICIDAD EN LAS AZOTEBAS <input type="checkbox"/> TINACOS <input type="checkbox"/> CUARTOS DE MÁQUINAS E INSTALACIONES <input type="checkbox"/> SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO <input type="checkbox"/> TORRES DE ENFRIAMIENTO <input checked="" type="checkbox"/> PENTHOUSE <input checked="" type="checkbox"/> CHIMENEA DE AZOTEA <input checked="" type="checkbox"/> OTROS (<i>Tinaco de agua</i>)	<input checked="" type="checkbox"/> SIN DESPLOMO <input checked="" type="checkbox"/> SIN DESPLOMO <input checked="" type="checkbox"/> SIN DESPLOMO <input type="checkbox"/> SIN DESPLOMO	<input type="checkbox"/> DESPLOMO LEVE <input type="checkbox"/> DESPLOMO LEVE	<input type="checkbox"/> DESPLOMO NOTABLE <input checked="" type="checkbox"/> DESPLOMO NOTABLE <input checked="" type="checkbox"/> DESPLOMO NOTABLE	
CONCLUSIÓN Y RESUMEN			NÚMERO DE CASOS CON NIVEL A <u>2</u>	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL B <u>0</u>	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL C <u>4</u>
VOLCADURA DE OBJETOS	<input type="checkbox"/> ESCALERA EXTERIOR <input type="checkbox"/> TERRAZA DE BLOQUES <input type="checkbox"/> DEPÓSITOS DE COMBUSTIBLE <input type="checkbox"/> MÁQUINAS VENDEDORAS AUTOMÁTICAS <input type="checkbox"/> OTROS ()	<input type="checkbox"/> SIN DESPLOMO <input type="checkbox"/> SIN DESPLOMO <input type="checkbox"/> EXISTE FIJACIÓN <input type="checkbox"/> EXISTE FIJACIÓN <input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> DESPLOMO LEVE <input type="checkbox"/> DESPLOMO LEVE <input type="checkbox"/> NO EXISTE FIJACIÓN <input type="checkbox"/> NO EXISTE FIJACIÓN <input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> DESPLOMO NOTABLE <input type="checkbox"/> DESPLOMO NOTABLE <input type="checkbox"/> DESPLOMO NOTABLE <input type="checkbox"/> DESPLOMO NOTABLE <input type="checkbox"/> _____	
	CONCLUSIÓN Y RESUMEN			NÚMERO DE CASOS CON NIVEL A <u>0</u>	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL B <u>0</u>
FALLA EN COLUMNAS INTERIORES DE EDIFICIOS A BASE DE MARCOS RESISTENTES A MOMENTO (PORCENTAJE DE COLUMNAS INVESTIGADAS = 100 %)	$\frac{\text{NÚMERO DE COLUMNAS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA IV}}{\text{NÚMERO DE COLUMNAS INTERIORES INVESTIGADAS}}$	<input checked="" type="checkbox"/> < 10 (%)	<input type="checkbox"/> 10-20 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 20 (%)	
	$\frac{\text{NÚMERO DE COLUMNAS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA V}}{\text{NÚMERO DE COLUMNAS INTERIORES INVESTIGADAS}}$	<input checked="" type="checkbox"/> < 1 (%)	<input type="checkbox"/> 1-10 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 10 (%)	
	CUANDO A SIMPLE VISTA SE PUEDE CATALOGAR CON NIVEL C	<input type="checkbox"/> _____	
FALLA EN MUROS INTERIORES DE EDIFICIOS A BASE DE MUROS ESTRUCTURALES (PORCENTAJE DE MUROS INVESTIGADOS = %)	$\frac{\text{LONGITUD TOTAL DE MUROS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA IV}}{\text{LONGITUD TOTAL DE MUROS INTERIORES INVESTIGADOS}}$	<input type="checkbox"/> < 10 (%)	<input type="checkbox"/> 10-20 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 20 (%)	
	$\frac{\text{LONGITUD TOTAL DE MUROS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA V}}{\text{LONGITUD TOTAL DE MUROS INTERIORES INVESTIGADOS}}$	<input type="checkbox"/> < 1 (%)	<input type="checkbox"/> 1-10 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 10 (%)	
	CUANDO A SIMPLE VISTA SE PUEDE CATALOGAR CON NIVEL C	<input type="checkbox"/> _____	
CONCLUSIÓN Y RESUMEN		EXISTENCIA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON NIVEL DE DAÑO SUPERIOR A III: <input checked="" type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL A <u>2</u>	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL B <u>0</u>	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL C <u>0</u>
PELIGRO Y RIESGO DE VOLCAMIENTO Y CAÍDA DE OBJETOS	<input checked="" type="checkbox"/> ACABADO DE TECHOS <input checked="" type="checkbox"/> EQUIPO DE ILUMINACIÓN EN TECHOS <input checked="" type="checkbox"/> PLAFÓN Y DOMOS EN TECHOS <input type="checkbox"/> INSTALACIONES DE GIMNASIO EN MUROS Y TECHOS <input checked="" type="checkbox"/> MUROS DIVISORIOS <input checked="" type="checkbox"/> ESCALERAS INTERIORES (<i>elevadores</i>) <input checked="" type="checkbox"/> OTROS (<i>instrumental médico</i>)	<input checked="" type="checkbox"/> COMPLETAMENTE SANO <input checked="" type="checkbox"/> COMPLETAMENTE SANO <input checked="" type="checkbox"/> COMPLETAMENTE SANO <input type="checkbox"/> COMPLETAMENTE SANO <input type="checkbox"/> COMPLETAMENTE SANO <input type="checkbox"/> COMPLETAMENTE SANO <input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> INCIERTO <input type="checkbox"/> INCIERTO <input type="checkbox"/> INCIERTO <input type="checkbox"/> INCIERTO <input checked="" type="checkbox"/> INCIERTO <input checked="" type="checkbox"/> INCIERTO <input checked="" type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> EXISTE PELIGRO DE CAÍDA DE OBJETOS <input checked="" type="checkbox"/> EXISTE PELIGRO DE CAÍDA DE OBJETOS <input checked="" type="checkbox"/> EXISTE PELIGRO DE CAÍDA DE OBJETOS	
	CONCLUSIÓN Y RESUMEN			NÚMERO DE CASOS CON NIVEL A <u>3</u>	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL B <u>3</u>
EDIFICIOS COLINDANTES (INSPECCIÓN DE EDIFICIOS, INICIANDO CON EDIFICIOS PÚBLICOS)	RIESGO DEBIDO A COLISIÓN CON EDIFICIOS COLINDANTES	<input checked="" type="checkbox"/> SIN RIESGO	<input type="checkbox"/> INCIERTO	<input type="checkbox"/> RIESGOSO	
	ESTRUCTURAS AJENAS AL EDIFICIO EN CUESTIÓN	<input checked="" type="checkbox"/> SIN RIESGO	<input type="checkbox"/> INCIERTO	<input type="checkbox"/> RIESGOSO	
INSTALACIONES:	ELÉCTRICAS <input checked="" type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NO	SUMINISTRO DE AGUA <input type="checkbox"/> OK <input checked="" type="checkbox"/> NO	GAS <input checked="" type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NO	SERVICIO SANITARIO <input type="checkbox"/> OK <input checked="" type="checkbox"/> NO	

5. Rehabilitación inmediata de emergencia

Considerando la intención del hospital de continuar funcionando, la parte del edificio con cuerpos de poca altura, se rehabilitaron de emergencia para abatir el nivel de peligro y riesgo, y así poder usarlos. Después, se realizó un trabajo refuerzo inmediato de emergencia de segundo nivel, al observarse progreso del daño de una parte del edificio por la ocurrencia de una réplica del evento principal. En esta sección, se muestra a detalle estos dos refuerzos inmediatos de emergencia.

5.1 Refuerzo de emergencia posterior al daño sísmico

Debido a ser el único hospital general de la ciudad, se requirió el uso de las secciones de consulta de enfermos no hospitalizados, de análisis y farmacia de los niveles 1 y 2 del edificio de cinco niveles. Pero debido a la posibilidad de falla total de los niveles superiores al tercero, cuyas columnas y muros sufrieron daño severo, ante la ocurrencia de un temblor secundario u otra causa, afectando así a los niveles inferiores que no sufrieron gran daño, se consideraron las siguientes medidas:

(1) Método fundamental del refuerzo

El primer objetivo del refuerzo fue la prevención y reducción del progreso del daño en los niveles 3 y 4 que han sufrido daño severo ante la ocurrencia de sismos secundarios. El segundo objetivo fue la eliminación de una posible falla total de los niveles severamente dañados, y la recuperación inmediata de la función de la sección de consulta para enfermos no hospitalizados de los niveles 1 y 2. Con base en estos objetivos, se hizo énfasis en los siguientes puntos al realizar la primera inspección de campo, proponiendo los métodos para el refuerzo inmediato de emergencia primario.

a. Las dos columnas de los ejes G6 y J5 del nivel 3 que fallaron por cortante, no cuentan con ningún muro perpendicular; es decir son los elementos estructurales de segundo orden, por lo que se necesita tomar medidas de prevención del deterioro de resistencia a carga axial.

b. Se requiere reforzar los niveles 3 y 4 con diagonales de acero estructural que permitan mejorar la resistencia última.

c. También, con respecto a los apéndices en la azotea, se propone la demolición y retirada de la chimenea dañada e inclinada. Además, se propone la prevención de la caída de los parapetos inclinados de 1.4 m, así como de los azulejos y el mortero de recubrimiento dañado.

(2) Ejecución del refuerzo

La propuesta b. anterior no se ha realizado, ya que los muros perpendiculares impidieron el trabajo de instalación de las diagonales de acero estructural, aunado a la restricción en el tiempo. Las otras propuestas (a y c) se realizaron.

El método del refuerzo considerando en la propuesta a. es como se indica en la columna inferior de la fotografía 5. Con este proceso se logra la reducción de la degradación en la resistencia a carga axial, evitando el desprendimiento del concreto. El concreto se confinó empleando cables metálicos de 9 mm de diámetro alrededor de la columna. Se usaron puntales de soporte vertical. Las razones para el empleo de este método fueron: la facilidad en la adquisición del material de refuerzo y en la realización del trabajo; y la necesidad de un refuerzo inmediato ante la posibilidad de ocurrencia de una réplica del evento principal a cuatro días después del temblor principal.

El trabajo de refuerzo se ejecutó durante tres días, del 30 de mayo al 3 de junio. El retardo se debió a la investigación e inspección sobre estas columnas previa a los trabajos de construcción. Con estos refuerzos, se hizo posible el uso del sótano y los niveles 1 y 2, aunque se prohibió el acceso a los niveles superiores. Además, el suministro de agua, se restableció uniendo la acometida directamente a la red de distribución.

5.2 Refuerzo de emergencia de segundo nivel

Después del temblor principal, durante un mes, ocurrieron una gran cantidad de réplicas. El mayor fue de magnitud igual a 7.0 que ocurrió el 21 de junio. Después de 40 días de la ocurrencia del temblor principal, se inspeccionó e investigó el edificio nuevamente para conocer un posible progreso en el daño de las columnas dañados. Se observó un aumento en la anchura de grietas en algunas columnas. También, al existir demanda en el uso de una parte del segundo nivel de la estructura como sala del hospital, se propuso un refuerzo de segundo nivel, en las cinco columnas cuyo daño fue notable e importante. Además, se realizó una inspección e investigación para confirmar el nivel de seguridad ante la posibilidad de caída de objetos del techo antes de usar dichas salas.

(1) Método fundamental de refuerzo

Las columnas más dañadas fueron las denominadas como C_{G5} , C_{14} , C_{16} del nivel 3, y C_{G5} , C_{G6} del nivel 4, las que se constituyen como columnas de borde de un muro estructural en la dirección corta. También, se observó y confirmó el pandeo del acero longitudinal en la columna C_{14} .

Considerando lo mencionado antes, se consideró para el refuerzo inmediato de emergencia del segundo nivel, el incremento de la confiabilidad del refuerzo por la presencia de los muros perpendiculares a las columnas reforzadas. Se emplearon también secciones H de acero estructural y se habilitó acero de refuerzo por cortante (figura 5.1 y fotografía 5). Se realizó este procedimiento de refuerzo, porque ya habían transcurrido algunos días y había disminuido la ocurrencia de temblores secundarios, dándole prioridad a la confiabilidad del refuerzo a pesar de la larga duración del trabajo.

(2) Detalle del refuerzo

Como se ha mostrado en la figura 5.1, los elementos de acero estructural de sección H localizados a ambos lados de la columna a reforzar se dimensionaron de tal manera que tuvieran un peralte menor que el ancho de la trabe en la dirección larga, de manera que el

esfuerzo por carga axial sea menor que el esfuerzo admisible. También se colocaron placas confinantes de acero estructural alrededor de la columna, cuya dimensión y colocación se hizo considerando las dimensiones de la columna y la trabajabilidad. Además, se soldaron en sitio placas de refuerzo por cortante en forma de X. Las placas confinantes se anclan en el muro perpendicular mediante pernos. También, para reducir la holgura entre los extremos de la sección de la columna de apoyo y la superficie de las trabes, y mejorar la incorporación del refuerzo en el edificio, se emplearon cuñas de acero.

Este refuerzo se realizó entre el 5 y el 20 de julio. El costo de los materiales y el trabajo para cada columna fueron aproximadamente 2,200 dólares para el refuerzo de primer nivel, y 2,700 dólares para el refuerzo de segundo nivel.

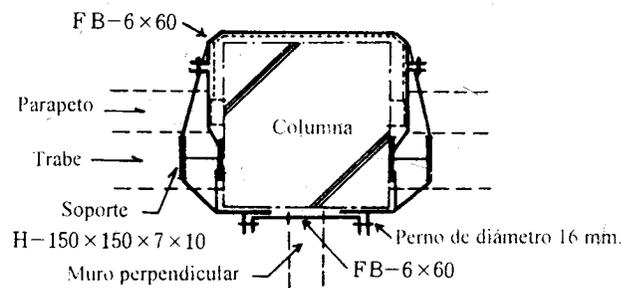
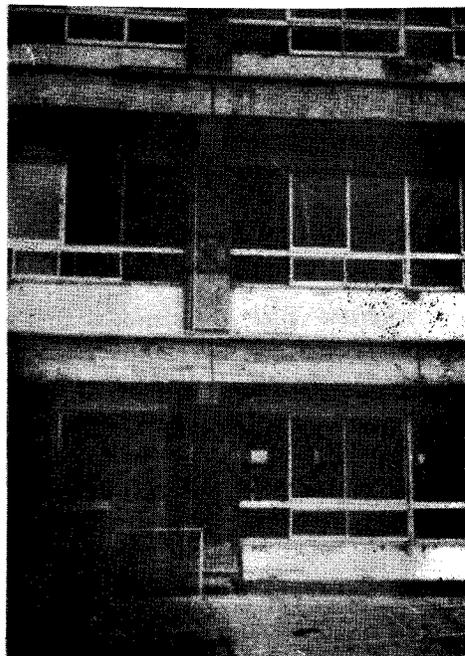


Figura 5.1 Detalle del refuerzo inmediato de emergencia con soporte de acero



Fotografía 5. Refuerzo inmediato de emergencia en columnas dañadas

6. Evaluación de la clasificación y nivel de daño

6.1 Condición de daño de elementos y sistemas estructurales

a. Evaluación por asentamientos del terreno y desplomo

No hubo daño por asentamientos del terreno ni por desplomo. Por lo tanto, $S=0$, $q=0$.

b. Evaluación por la cuantía de daños en los elementos estructurales

Se investiga el tercer nivel, donde sufrió mayor daño.

Se calcula el porcentaje de los elementos dañados D_i correspondiente a cada nivel de daño, como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 6.1. Cálculo del porcentaje de los elementos dañados ; D_i .

Nivel de daño	B_i	B_i/A	D_i
V	$B_5=2$	$B_5/A=2/24=0.083$	$D_5=1000 \times B_5/A=1000 \times 0.083/7=11.9$
IV	$B_4=4$	$B_4/A=4/24=0.167$	$D_4=100 \times B_4/A=100 \times 0.167=16.7$
III	$B_3=5$	$B_3/A=5/24=0.208$	$D_3=60 \times B_3/A=60 \times 0.208=12.5$
II	$B_2=11$	$B_2/A=11/24=0.458$	$D_2=26 \times B_2/A=26 \times 0.458=11.9$
I	$B_1=2$	$B_1/A=2/24=0.083$	$D_1=10 \times B_1/A=10 \times 0.083=0.8$
			$D=SD_i=53.8$

En consecuencia, la clasificación de los niveles de daño por el porcentaje de elementos dañados D resulta ser $D > 50$, por lo tanto es considerado como "daño grave".

c. Daños en los elementos anexos (no estructurales)

Los parapetos inclinados y la chimenea inclinada de la azotea tienen posibilidad de caerse, por lo que se requiere la demolición de los mismos. Se clasifica como "falla".

6.2 Resultados del proceso de inspección y evaluación, y las medidas a tomar

En la tabla 6.2, se muestran los resultados de investigación para la evaluación de la clasificación y nivel de daño de acuerdo con el resultado anterior.

a. Resultado de la evaluación

Se clasifica el edificio total con el nivel de "daño grave".

Según la Guía de Evaluación del Nivel de Daño, la medida que resulta ser necesaria es "refuerzo", para lo que se consultará la tabla 3.2, donde se explica el requerimiento de las

medidas en cuanto a "reparación", "refuerzo" y "demolición". Para este caso se considerará la intensidad del sismo igual a V.

b. Medidas a tomar.

Para el uso continuo, se ha decidido "refuerzo", pero se recomienda una investigación más detallada para revisar el nivel de daño y su causa y la posibilidad de rehabilitación, para así planear el método adecuado de rehabilitación.

[EVALUACIÓN CONSIDERANDO EL PORCENTAJE DE DAÑO Y PÉRDIDA EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES]
 (SE REALIZA PARA CADA ENTREPISO TAMBIÉN, PARA ESTRUCTURAS DE MUROS SE REALIZARÁ PARA CADA DIRECCIÓN; SE ESCRIBIRÁN LOS RESULTADOS DEL ENTREPISO CON LOS RESULTADOS MÁS CRÍTICOS DESPUÉS DE LA EVALUACIÓN DE CLASIFICACIÓN Y NIVEL DE DAÑO).

(1) NÚMERO DE NIVEL INSPECCIONADO DONDE SE PRESENTA LA MAYOR CONCENTRACION DE DAÑO [3 PISO] EN EL CASO DE MUROS SE INDICARA LA DIRECCION [] CORTA [] LARGA

(2) NÚMERO TOTAL DE COLUMNAS: $A_0 = 24$ (Ó LONGITUD DE MURO) [$A_0 = 24$, ó $A_0 =$ m]

(3) NÚMERO DE COLUMNAS INSPECCIONADAS: $A = 24$ (Ó LONGITUD DE MURO) [$A = 24$, ó $A =$ m]

(4) PORCENTAJE DE COLUMNAS INSPECCIONADAS: [$A/A_0 = 100\%$]

(5) NUMERO DE COLUMNAS EN CADA NIVEL DE DAÑO, B_i (O BIEN LONGITUD DE MURO):

(MARCOS)	DAÑO NIVEL V	[$B_5 = 2$]	(MUROS)	DAÑO NIVEL V	[$B_5 =$ m]
	DAÑO NIVEL IV	[$B_4 = 4$]		DAÑO NIVEL IV	[$B_4 =$ m]
	DAÑO NIVEL III	[$B_3 = 5$]		DAÑO NIVEL III	[$B_3 =$ m]
	DAÑO NIVEL II	[$B_2 = 11$]		DAÑO NIVEL II	[$B_2 =$ m]
	DAÑO NIVEL I	[$B_1 = 2$]		DAÑO NIVEL I	[$B_1 =$ m]
	DAÑO NIVEL 0	[$B_0 = 0$]		DAÑO NIVEL 0	[$B_0 =$ m]

(6) CALCULO DEL INDICE DE DAÑO D_i , CORRESPONDIENTE A CADA NIVEL DE DAÑO

NIVEL V	[$D_5 = 1000 B_5 / 7A = 11.9$]	(PARA $B_5 / A > 0.35$, $D_5 = 50$)
NIVEL IV	[$D_4 = 100 B_4 / A = 16.7$]	(PARA $B_4 / A > 0.50$, $D_4 = 50$)
NIVEL III	[$D_3 = 60 B_3 / A = 12.5$]	(PARA $B_3 / A > 0.50$, $D_3 = 30$)
NIVEL II	[$D_2 = 26 B_2 / A = 11.9$]	(PARA $B_2 / A > 0.50$, $D_2 = 13$)
NIVEL I	[$D_1 = 10 B_1 / A = 0.8$]	(PARA $B_1 / A > 0.50$, $D_1 = 5$)
$D = \sum (D_i \cdot A \cdot D_i) = 53.8$		

(7) CLASIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE DAÑO Y PÉRDIDA SEGÚN EL VALOR DE D

[] SIN DAÑO ($D = 0$)	[] DAÑO LIGERO ($D \leq 5$)	[] DAÑO MENOR ($5 < D \leq 10$)
[] DAÑO MEDIO ($10 < D \leq 50$)	[X] DAÑO SEVERO ($D > 50$)	[] COLAPSO ($D_s = 50$)

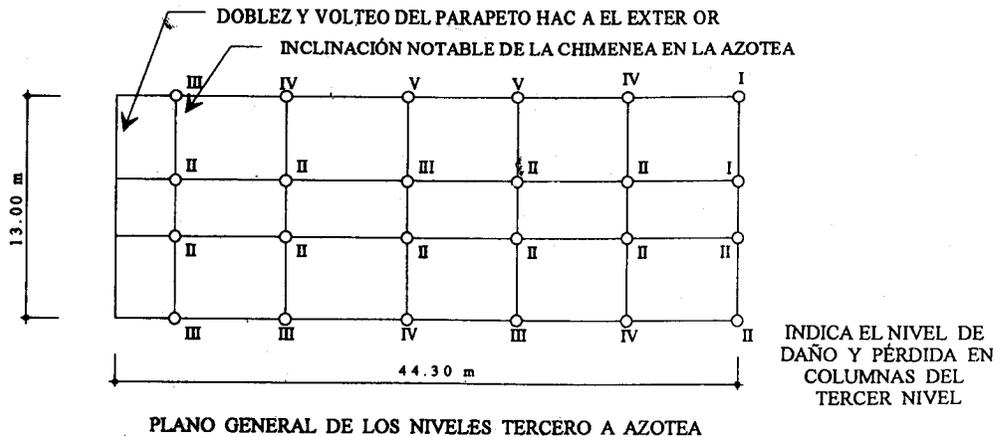
DAÑOS EN ELEMENTOS O SISTEMAS ESTRUCTURALES ADYACENTES

PENTHOUSE	[] SIN DAÑO	[X] LIGERO	[] MENOR	[] MEDIO	[] SEVERO	[] COLAPSO
ESCALERA EXTERIOR	[] SIN DAÑO	[] LIGERO	[] MENOR	[] MEDIO	[] SEVERO	[] COLAPSO
CHIMENEA	[] SIN DAÑO	[] LIGERO	[] MENOR	[] MEDIO	[] SEVERO	[X] COLAPSO
PASILLOS COMUNICANTES	[] SIN DAÑO	[] LIGERO	[] MENOR	[] MEDIO	[] SEVERO	[] COLAPSO
JUNTA DE CONSTRUCCIÓN O EXPANSIÓN	[] SIN DAÑO	[] CHOQUE EN LA JUNTA	[] SEVERO			
OTROS (<i>parapeto</i>)		[X] COLAPSO				

[DAÑOS EN ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN]

EXISTENCIA DE DAÑOS EN CIMENTACIÓN PROFUNDA (PILOTES): [] SI [] NO [X] INCIERTO
 EXISTENCIA DE LICUACIÓN DE SUELO: [] SI [X] NO [] INCIERTO

[OTROS (ESQUEMA DE UBICACIÓN Y COMENTARIOS SOBRE LA CONDICIÓN DE DAÑO)]



7. Rehabilitación definitiva o permanente

7.1 Descripción

Se realizaron las inspecciones y análisis indicados abajo para planear el procedimiento adecuado de rehabilitación de acuerdo con el resultado de la investigación detallada del nivel de daño del edificio.

a. Investigación del sitio: Investigación detallada de los agrietamientos de las columnas, trabes, muros y losas; extracción de núcleos de concreto y acero para pruebas de materiales; medición del nivel de losa; investigación de los daños de los elementos no estructurales, instalaciones y equipos; medición de vibración ambiental continua, etc.

b. Prueba de carga estática: Prueba de carga en los pilotes; prueba de materiales en el concreto y acero, etc.

c. Análisis: Evaluación de la resistencia sísmica del estado estructural anterior al daño del edificio, basada en la investigación del sitio y en la revisión de planos; evaluación de la necesidad de refuerzo conforme a la Guía Técnica de Refuerzo y Rehabilitación.

Considerando los resultados de estas investigaciones y análisis, se decidió proponer "refuerzo" y la rehabilitación definitiva del inmueble. En seguida, se presenta el resumen del proceso desde la evaluación de la necesidad de refuerzo hasta la terminación de los trabajos de rehabilitación.

7.2 Evaluación de la necesidad de refuerzo

Conforme a lo indicado en la sección 6, ya se ha decidido la necesidad de refuerzo con base en la "Evaluación de la Clasificación y Nivel de Daño". Pero se ha realizado una investigación más detallada, y con base en estos resultados, se examina la necesidad de refuerzo considerando la resistencia residual de la estructura y las características de comportamiento ante la posibilidad de incidencia de temblores secundarios.

En el momento de la aplicación de esta evaluación, de acuerdo con la evaluación de segundo nivel de la Norma de Evaluación de Resistencia Sísmica, se investiga únicamente la dirección larga del nivel 3, donde se ha observado la mayor concentración de daño. La evaluación se hace considerando los resultados de la inspección de la subestructura y la superestructura. En la investigación de la superestructura, se ha calculado la resistencia remanente después de la incidencia del sismo de daño, por medio del coeficiente de degradación de la capacidad antisísmica de acuerdo con el nivel de daño de los elementos estructurales, para lo cual se consideran los índices de ductilidad y agrupamiento por elementos E0. Por otra parte, se modificó el índice de forma, calculando nuevamente la relación entre centros de rigidez y gravedad, y por lo tanto la excentricidad correspondiente, así como considerando el porcentaje de degradación de rigidez. Luego, se obtuvo el nivel de daño (F) de acuerdo con el índice de la capacidad y comportamiento antisísmico (Is) anterior al daño, y el índice de la capacidad y comportamiento sísmico posterior al daño (Is'). Con la

relación entre estos resultados y la intensidad del sismo, se evaluó la necesidad de refuerzo consultando la tabla 7.1. En seguida se presenta un resumen de este proceso.

Tabla 7.1. Límite inferior del nivel de daño Φ (%) como requisito de refuerzo.

Año de construcción	Intensidad de sismo (según la escala de la Agencia Meteorológica del Japón)			
	Menor o igual a IV	V (Menor)	V (Superior)	Mayor o igual a VI
Antes de 1971	20	30	40	50
Después de 1971	30	40	50	

Nota:

- 1) Aunque se haya construido antes de 1971, para un edificio cuyas columnas están reforzadas con estribos con una separación menor de 100 mm, se puede considerar el valor de Φ como el de un edificio construido después de 1971.
- 2) La intensidad del sismo, V (sismo severo), corresponde a una aceleración del terreno igual a unos 150 cm/s^2 ; en cuanto a la intensidad V (menor), corresponde a una aceleración menor de 150 cm/s^2 para la intensidad V (superior) corresponde una aceleración superior a 150 cm/s^2 .

(1) Evaluación de la necesidad de refuerzo de la subestructura

Según la investigación detallada, no hubo daño en la cimentación ni en los pilotes ni se observa daño por asentamientos del terreno o por desplomo. Por lo tanto, no es necesario reforzar la estructura de cimentación.

(2) Evaluación de la necesidad de refuerzo de la superestructura

Se considera la dirección larga del nivel 3 como ejemplo de aplicación de la evaluación secundaria del nivel de daño. En la figura 7.1, se muestra la colocación de las columnas (C) y los muros (W).

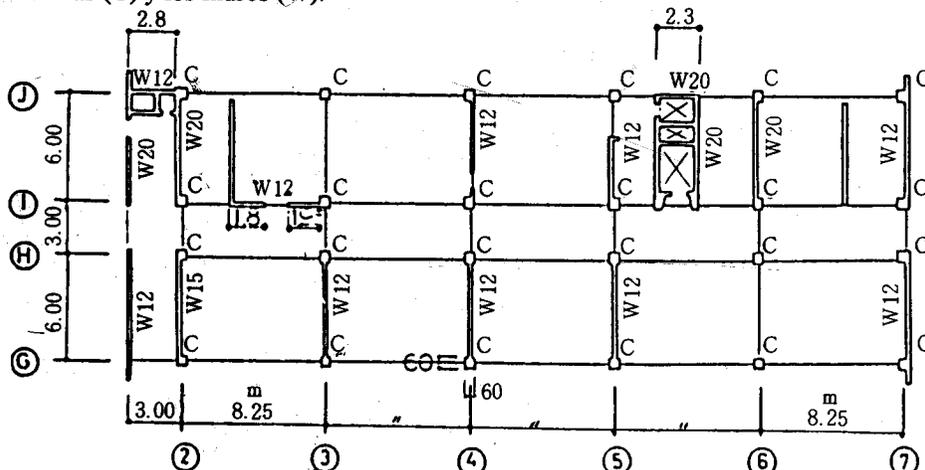


Figura 7.1 Colocación de las columnas y los muros en el tercer nivel

a. En la tabla 7.2, se muestra la resistencia anterior al daño de columnas y muros Q_u , el índice de ductilidad F y el índice E_0 . E_0 resultó ser igual a 0.371. La mayoría de los elementos estructurales de este edificio resultan con un valor del índice F igual a 1.0, por lo tanto, se clasifica el edificio entero como grupo dentro del índice $F=1.0$.

Tabla 7.2 . Q_u en la dirección larga del nivel 3, modo de mecanismo y el valor del índice F .

Símbolo	Q_u (ton)	Mecanismo*	F	Grupo	n	nQ_u (ton)
C_{G2}	55.97	CS	1.0	1	1	55.97
C_{G3}, G_4	56.75	CS	1.0	1	2	113.50
C_{G5}	58.60	CS	1.0	1	1	58.60
C_{G6}	49.91	CS	1.0	1	1	49.91
C_{G7}	52.26	CB	1.27	1	1	52.26
C_{H2}	43.56	CB	1.27	1	1	43.56
$C_{H3} - C_{H5}$	50.81	CS	1.0	1	3	152.43
C_{H6}	40.64	CS	1.0	1	1	40.64
C_{H7}	37.22	CB	1.27	1	1	37.22
C_{I2}	43.80	CB	1.27	1	1	43.80
CW_{I3}	133.58	CWS	1.0	1	1	133.58
C_{I4}	47.05	CS	1.0	1	1	47.05
$C_{I5} - C_{I6}$	52.74	CS	1.0	1	2	105.48
C_{I7}	37.22	CB	1.27	1	1	37.22
CW_{I2}	188.10	CWS	1.0	1	1	188.10
C_{J3}	48.27	CS	1.0	1	1	48.27
C_{J4}	58.22	CS	1.0	1	1	58.22
C_{J5}	49.86	CS	1.0	1	1	49.86
C_{J6}	61.98	CS	1.0	1	1	61.98
C_{J7}	52.43	CB	1.27	1	1	52.43
WC_{J2}	9.60	WCB	2.0	1	1	9.60
WC_{J5}	31.40	WCB	1.0	1	1	31.40
					ΣQ_u	1,471.08

*CS: columna con mecanismo de cortante.

CB: Columna con mecanismo de flexión.

CWS: Columna con parapetos y mecanismo de cortante.

WCB: Muro-columna con mecanismo de flexión.

$$\Sigma W = 2970.1t, \quad \frac{n+1}{n+i} = 7/8 = 0.75$$

$$\Sigma Qu = 1,471.08 t, \quad C = 1,471.08 / 2,970.1 = 0.495$$

$$F = 1.0$$

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} \sqrt{(C \times F)^2} = 0.75 \sqrt{(0.495 \times 1.0)^2} = 0.371$$

b. Cálculo del índice de forma S_D anterior al daño

1) Relación de excentricidad (e), Relación de centros de rigidez y gravedad (n)

i) Rigidez

Rigidez lateral del nivel 4 (ΣD)	$\Sigma D = 93,740$
Rigidez de entrepiso ($\Sigma D/h$)	$\Sigma D/h = 93,740 / 350 = 267.8$
Rigidez lateral del nivel 3 (ΣD)	$\Sigma D = 118,790$
Rigidez de entrepiso ($\Sigma D/h$)	$\Sigma D/h = 118,790 / 350 = 339.4$

ii) Relación de excentricidad (e)

El centro de gravedad se localiza a $S=7.70$ m del eje G; el centro de rigidez se localiza a $G=8.97$ m del eje G.

$$E = 8.97 - 7.7 = 1.27 \text{ m} \quad B = 15.0 \text{ m} \quad L = 44.35 \text{ m}^2$$

$$e = 1.27 / \sqrt{(44.35)^2 + (15.0)^2} = 0.027 \quad \therefore G_e = 1.0, \quad R_{2e} = 1.0$$

$$C_{2e} = [1 - (1 - 1.0) \times 1.0] = 1.0$$

iii) Relación de centros de rigidez y gravedad (n)

$$\text{Relación en el nivel 4 : } 267.8 / 2,096.4 = 0.127$$

$$\text{Relación en el nivel 3 : } 339.4 / 2,970.1 = 0.114$$

$$\beta = (3-1)/3 = 0.67$$

$$n = (0.127/0.114) \times 0.67 = 0.75 < 0.8 \quad \therefore G_n = 0.9, \quad R_{2n} = 1.0$$

$$C_{2n} = [1 - (1 - 0.9) \times 1.0] = 0.9$$

2) Otros índices de forma (S_D)

iv) Regularidad (a)

$$a = 16.5^2 / (44.35 \times 15.0 + 16.5 \times 16.5) = 0.29 < 0.3$$

$$\therefore G_a = 0.9, R_{2a} = 0.5,$$

$$C_{2a} = [1 - (1 - 0.9) \times 0.5] = 0.95$$

v) Existencia de sótano (h)

$$\text{Area del sótano} = 775.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Area de construcción} = 2,029.5 \text{ m}^2$$

$$h = 775.5 / 2,029.5 = 0.38$$

$$\therefore G_h = 0.8$$

$$R_{2h} = 1.0$$

$$C_{2h} = [1.2 - (1 - 0.8) \times 1.0] = 1.0$$

Otros valores de C_{2i} resultan iguales a 1.0.

$$\text{En consecuencia, } S_D = 0.9 \times 0.95 \times 1.0 = 0.855$$

c. Con respecto al índice de antigüedad anterior al daño, se toma $T=1.0$, ya que no se ha observado cambio en la calidad ni deterioro de la estructura.

d. En consecuencia, el índice de la resistencia sísmica de la estructura anterior al daño I_s resulta ser

$$I_s = E_0 \times S_D \times T = 0.371 \times 0.855 \times 1.0 = 0.317.$$

e. Se determina el nivel y mecanismo de daño de cada elemento (I - V), según la condición y estado de daño conforme a la norma de clasificación del nivel de daño (tabla comentarios 3.1). En la figura 7.2 se muestran los resultados.

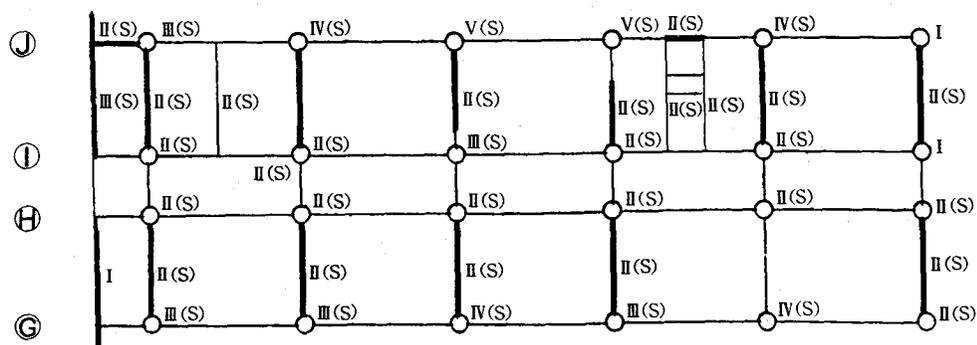


Figura 7.2 Niveles y mecanismos de daño en columnas y muros (tercer nivel)

f. En la figura 7.3, se muestra la relación de degradación de la capacidad y comportamiento antisísmico η , calculado de acuerdo con el nivel y mecanismo de daño del elemento. Con respecto a las columnas con parapetos, se tomó el valor η mínimo de los que se calcularon por nivel de daño de la columna y del parapeto.

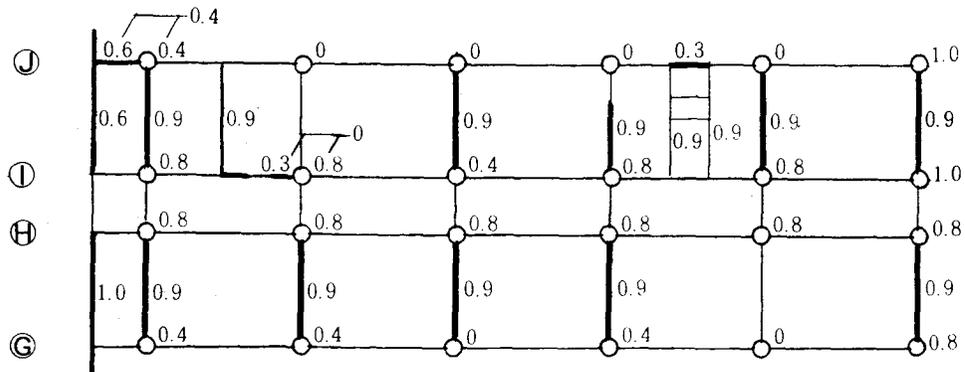


Figura 7.3. Valores del coeficiente de degradación de la capacidad y comportamiento antisísmico η (tercer nivel)

g. La resistencia posterior al daño, se obtuvo multiplicando la resistencia anterior al daño Q_u por η . En los paréntesis de la figura 7.4, se muestra la resistencia posterior al daño, y los números fuera del paréntesis son la resistencia anterior al daño.

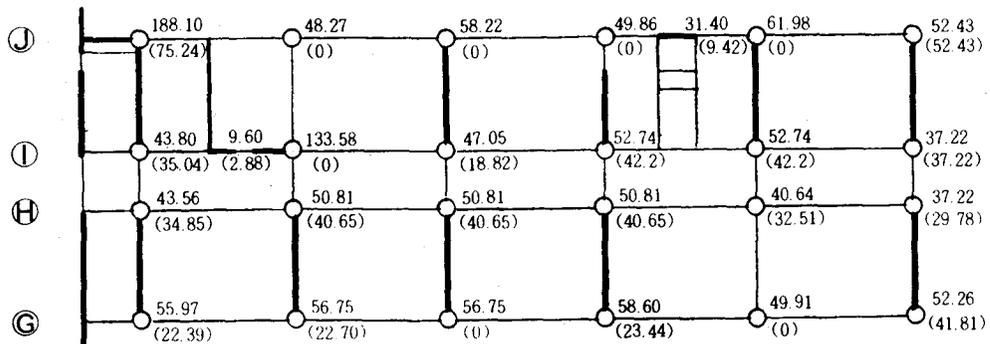


Figura 7.4. Resistencias ante carga axial en toneladas - los valores en los paréntesis son las resistencias después del daño (tercer nivel)

h. Considerando el valor de F anterior al daño y agrupando todos los valores, se puede calcular el índice básico de capacidad y comportamiento posterior al daño E'_0 , como sigue:

$$E'_0 = \frac{(n+1)}{(n+i)} \sqrt{(CF)^2} = 0.75 \sqrt{(0.217)^2} = 0.163$$

i. Con respecto al índice de forma S'_D posterior al daño, se modificarán las relaciones de excentricidad y la posición del centro de rigidez y gravedad, considerando la degradación de la rigidez por el daño.

1) Rigidez

La rigidez posterior al daño se calcula multiplicando el área de las columnas y los muros por η . Se multiplica la área de los muros por un factor α dependiente de la relación de altura y longitud del muro.

Nivel 3,	Eje G	$(60 \times 60 \times 0.4 \times 3) + (60 \times 60 \times 0.8) = 7,200$
	Eje H	$60 \times 60 \times 0.8 \times 6 = 17,280$
	Eje I	$(60 \times 60 \times 0.8 \times 4) + (60 \times 60 \times 0.4) + (60 \times 60 \times 1) + (12 \times 180 \times 2.5^{*1} \times 1 \times 0.3)$ $+ (12 \times 195 \times 2.5^{*2} \times 0.3) = 19,935$

Para las columnas con parapeto, se considera el valor de h de cada columna y cada parapeto.

$$^{*1} h / \ell = 350 / 180 = 1.94 < 2.0 \quad \therefore \alpha = 2.5$$

$$^{*2} h / \ell = 350 / 195 = 1.79 < 2.0 \quad \therefore \alpha = 2.5$$

$$\text{Eje J} \quad (60 \times 60 \times 0.4) + (60 \times 60) + (15 \times 280 \times 1.2^{*1} \times 0.6) + (20 \times 230 \times 3.5^{*2} \times 0.3) = 12,894$$

$$^{*1} h / \ell = 180 / 280 = 0.64 \quad \therefore \alpha = 1.2 \text{ (Se toma para fuera del plano)}$$

$$^{*2} h / \ell = 180 / 230 = 0.78 \quad \therefore \alpha = 3.5$$

Se consideró h como la medida interior de los elementos considerando la existencia de los parapetos.

$$\Sigma D = 57,309, \text{ Rigidez entrepiso } (\Sigma D / h); \Sigma D / h = 57,309 / 350 = 163.7$$

Solo se muestra el resultado del nivel 4, omitiendo detalles de cálculo.

$$\Sigma D = 64,401, \text{ Rigidez entrepiso } (\Sigma D / h), \Sigma D / h = 64,401 / 350 = 184.0$$

2) Relación de excentricidad (I)

Se calcula el centro de gravedad (G) del nivel 3 con respecto al eje G.

$$G = [(17.28 \times 6.0) + (19.935 \times 9.0) + (12.894 \times 15.0)] / 57.309 = 8.31 \text{ m}$$

Desde el eje G, $S = 7.7 \text{ m}$, $E = 8.31 - 7.7 = 0.61$

$$B = 15.0 \text{ m}, L = 44.35 \text{ m}$$

$$\ell = 0.61 / \sqrt{44.35^2 + 15.0^2} = 0.013$$

$$\therefore G\ell = 1.0, R_2\ell = 1.0$$

$$C_{2\ell} = [1 - (1 - 1.0) \times 1.0] = 1.0$$

3) Relación de centros de rigidez y gravedad (n)

Nivel 4, Relación de centros de rigidez y gravedad: $184.0 / 2,096.4 = 0.088$

Nivel 3, Relación de centros de rigidez y gravedad: $163.7 / 2,970.1 = 0.055$

$$\beta = (3-1) / 3 = 0.67$$

$$n = (0.088 / 0.055) \times 0.67 = 1.07 < 1.2$$

$$\therefore G_n = 1.0, R_{2n} = 1.0$$

$$C_{2n} = [1 - (1 - 1.0) \times 1.0] = 1.0$$

4) Índice S'_D

Considerando los resultados anteriores, y dado que la estructura tiene una forma regular en planta, todos los valores de C_{2i} resultan ser igual a 1.0, excepto el de $C_{2a} = 0.95$. En consecuencia, el índice de forma S'_D posterior al daño resulta ser:

$$S_D = 0.95 \times 1.0 = 0.95$$

j. El índice de antigüedad T' posterior al daño es igual a 1.0, ya que han considerados los daños en los elementos estructurales en la relación o porcentaje de degradamiento en la capacidad y comportamiento antisísmico η .

k. Se puede calcular el índice de la resistencia antisísmica de la estructura posterior al daño I'_s como :

$$I'_s = E'_0 \times S'_D \times T' = 0.163 \times 0.95 \times 1.0 = 0.155$$

l. Se puede calcular el nivel de daño F de acuerdo con los resultados del cálculo de los índices de resistencia antisísmica de la estructura antes y después del daño: I_s y I'_s , como se indica:

$$\Phi = (1 - I'_s / I_s) \times 100 = \left(1 - \frac{0.155}{0.317}\right) \times 100 = 51.1 \quad (\%)$$

Considerando que el año de construcción es 1968, y la intensidad del sismo fue V (mayor), ya que se ha supuesto que la aceleración máxima del terreno fue igual a 200 cm/s^2 aproximadamente; y con base en estos datos, se puede decir que el límite inferior del nivel de daño para requerir el refuerzo estructural es 40% de acuerdo con lo indicado en la tabla 3.2. El nivel de daño del edificio en estudio $F = 51.5\%$ excede al límite antes mencionado. En

consecuencia, se requiere "refuerzo" para mejorar la capacidad y comportamiento sísmico definitiva y permanente del edificio.

(3) Respecto a la posibilidad de refuerzo

Según la evaluación de la clasificación y nivel de daño y la evaluación de la necesidad de refuerzo de acuerdo con la Guía Técnica de Refuerzo y Rehabilitación cuyo proceso se ha presentado en (2), se ha concluido que se requiere de "refuerzo" para el uso posterior del edificio. También se han investigado los siguientes puntos, y definitivamente, se ha comprobado que el "refuerzo y rehabilitación" es razonable:

a. Aunque el nivel 3 sufrió daños de gravedad, no se presenta falla total, y la condición de la subestructura es adecuada.

b. La capacidad sísmica de toda la estructura total no se ha deteriorado al grado de no ser posible su recuperación. La resistencia de los materiales de la estructura es suficientemente alta.

c. Como resultado de las pruebas de carga, los pilotes presentan capacidad suficiente para cargar el peso suplementario producto de la implementación de elementos nuevos, como serían muros estructurales.

d. En Japón, existe un ejemplo de aplicación de la tecnología del refuerzo adecuado en un edificio de dimensiones medias que sufrió daño semejante a este caso por el sismo de Miyagi-ken-oki en 1978.

e. Se puede planear los trabajos de refuerzo sin afectar significativamente la funcionalidad del hospital, con la adición de elementos estructurales.

f. Como resultado de la evaluación del costo para el refuerzo, resulta más conveniente reforzar el edificio que demolerlo y construir uno nuevo.

7.3 Proyecto de la rehabilitación definitiva

7.3.1 Método básico de refuerzo

Cuando se procede al trabajo de refuerzo antisísmico de un edificio existente, así como a la rehabilitación de un edificio dañado por sismo, generalmente se toman las siguientes medidas: refuerzo por cortante de columnas, adición de muros estructurales, adición de muros no estructurales, instalación de diagonales y contrafuertes. Se usan estas medidas en forma individual o combinada. Con respecto al edificio en estudio, se han considerado los siguientes puntos, para emplear el método de refuerzo de acuerdo con el resultado de evaluación, la condición del daño y los requerimientos de funcionalidad del hospital:

a. Se refuerzan adecuadamente, si es necesario, los niveles 1 y 2 que han sufrido el daño menor, considerando la relación con el método de refuerzo de los niveles superiores.

b. Se pone énfasis en la funcionalidad del hospital cuando se proyecta la colocación de elementos suplementarios de refuerzo.

c. Se elige el procedimiento de construcción menos costoso, y que pueda realizarse dentro del terreno y espacio disponible.

d. Se considerará la vista exterior del edificio después del refuerzo estructural. En consecuencia, se ha decidido que se emplea principalmente el refuerzo con muros estructurales, y donde no se puedan instalar, se reforzarán únicamente las columnas.

7.3.2 Determinación de las metas

Se determinan las metas de la capacidad y comportamiento sísmico producto del trabajo de rehabilitación y refuerzo, considerando los siguientes puntos:

a. El coeficiente de zona de acuerdo con lo indicado en el código es: $Z=0.9$.

b. Se puede suponer que la intensidad del sismo haya sido la máxima según la información de sismos pasados, siendo la intensidad dos veces mayor a la de un sismo de magnitud mediana.

También se consideran las metas de refuerzo sísmico que generalmente se aplican para edificios existentes. Así, se determina la meta del valor R_{IS} (evaluación de tercer nivel) igual a 0.6. Sin embargo, en caso de que no sea realizable la meta de refuerzo propuesta por la restricción económica o de utilidad, se analizará nuevamente la seguridad, considerando nuevamente las condiciones ingenieriles y económicas, y se verificará la capacidad ante sismo después del refuerzo.

7.3.3 Proyecto del refuerzo y reparación

Se consideran los siguientes aspectos básicos para concretar el proyecto de refuerzo:

a. Se tenderá a provocar, en lo posible, el mecanismo de falla por flexión en los marcos de la dirección larga.

b. Se refuerzan las columnas por orden de nivel de daño en las mismas, siguiendo las tres fases que se indican: re-colar el concreto, reforzar por cortante, inyectar resina epóxica.

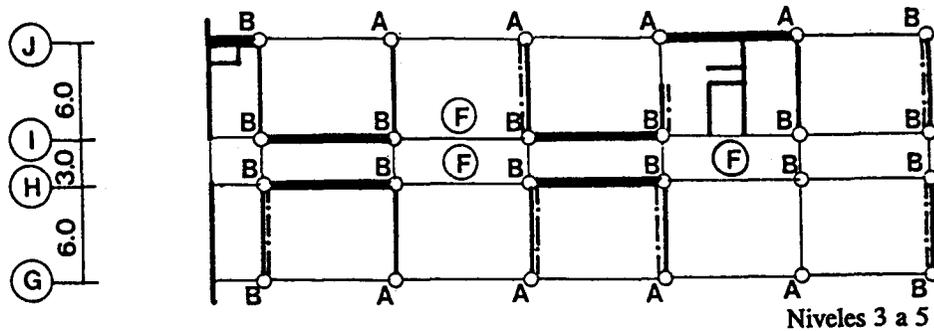
c. Se refuerzan las columnas de los niveles 3 a 5 de tal forma que presenten el mecanismo de falla por flexión. Se instalan los muros verticales continuos, para lograr un aumento adecuado de la resistencia.

d. Se repara inyectando resina epóxica en todos los agrietamientos con anchura mayor a 0.3 mm.

Se toma en cuenta que no afecten el ruido y el polvo de la construcción al ambiente del hospital cuando se refuerzan las columnas de la zona que continúa funcionando como

hospital durante la construcción. Esto se logra empleando métodos sin concreto, o métodos secos, mediante encamisado confinante con placas de acero estructural soldado.

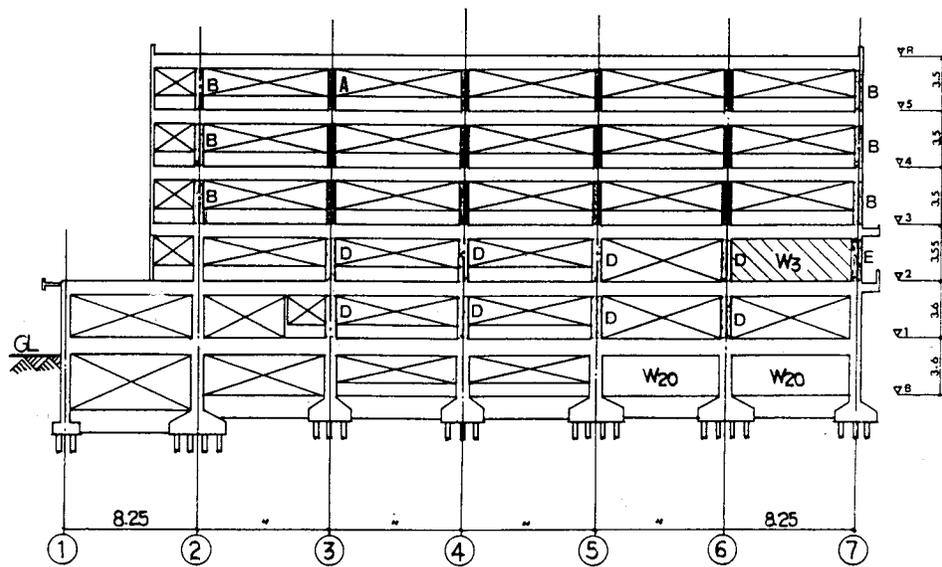
En las figuras 7.5 - 7.7, se muestra la ubicación de los elementos de refuerzo proyectados de acuerdo con las principios anteriores.



Símbolos

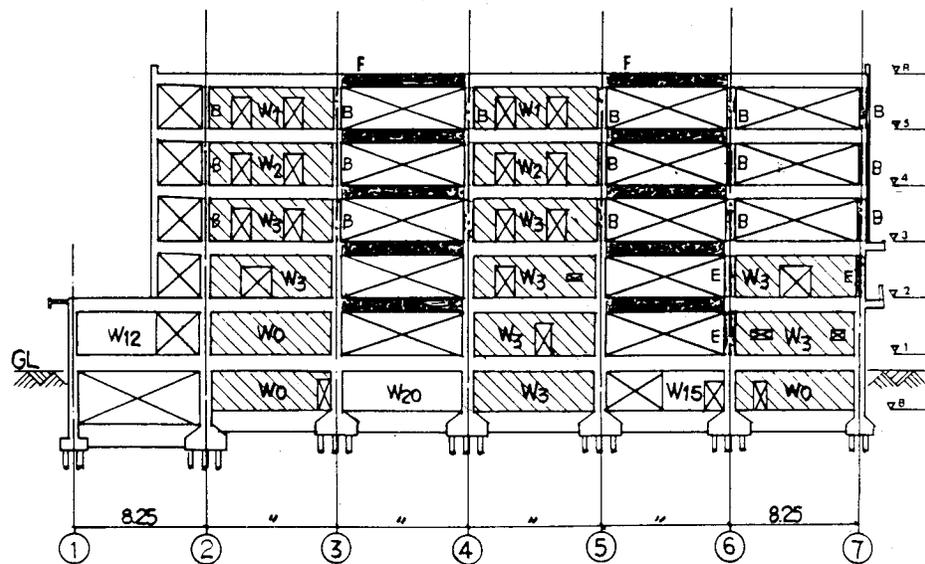
- | | | |
|------------|---------|--|
| (Columnas) | A | : Recolado de concreto (figura 7.8) |
| | B | : Refuerzo empleando malla de acero (figura 7.9) |
| (Muros) | — | : Muro nuevo |
| | - - - - | : Muro reforzado aumentando el espesor de concreto |
| | --- | : Muro inexistente |
| (Trabes) | (F) | : Refuerzo de las trabes de acoplamiento (figura 7.10) |

Figura 7.5. Ubicación de los elementos de refuerzo



Véase la figura 7.5 para los símbolos A y B. El refuerzo cuyo símbolo es D consiste en encamisar con placas de acero. El refuerzo cuyo símbolo es E consiste en inyección de resina epóxica. W_i representa muros reforzados incrementando su espesor.

Figura 7.6 Elevación del proyecto de refuerzo y reparación del eje G.



(1) W_0 , W_1 y W_2 son muros nuevos, F es trabe reforzada, respecto a otros símbolos consultar las figuras 7.5 y 7.6.

Figura 7.7 Elevación del proyecto de refuerzo y reparación del eje H.

7.3.4 Puntos y aspectos importantes en la reparación y refuerzo de elementos

Los puntos importantes para la reparación y refuerzo de elementos son los siguientes:

a. Se elimina el concreto de las columnas de los marcos exteriores (ejes G y J) y del eje 3 de los niveles 3, 4 y 5 excepto las columnas de esquina, y se cuela nuevamente el concreto. En este caso se incrementa suficientemente la cantidad del refuerzo lateral (figura 7.8).

b. Con respecto a las otras columnas de los niveles 3, 4 y 5, se desprende el concreto de recubrimiento, se inyecta resina epóxica, se refuerza por cortante con malla de acero, y se cuela nuevamente el concreto de recubrimiento (figura 7.9).

c. Con respecto a las columnas de otros niveles, se emplearán métodos "secos" de encamisado con placas y ángulos de acero estructural. Las columnas que tienen agrietamiento, se inyectan con resina epóxica.

d. Se colocan los muros nuevos y se aumenta el espesor de los muros existentes en la medida de que sea horizontal y verticalmente regular la distribución de los mismos. Se refuerzan por cortante las trabes principales de acoplamiento (figura 7.10).

e. En caso de que no exista muro en el primero nivel abajo de los muros de los niveles superiores en la dirección corta, se refuerza la columna del sótano que está sometida a carga axial grande; se emplearán placas de acero en su cuatro lados (figura 7.11).

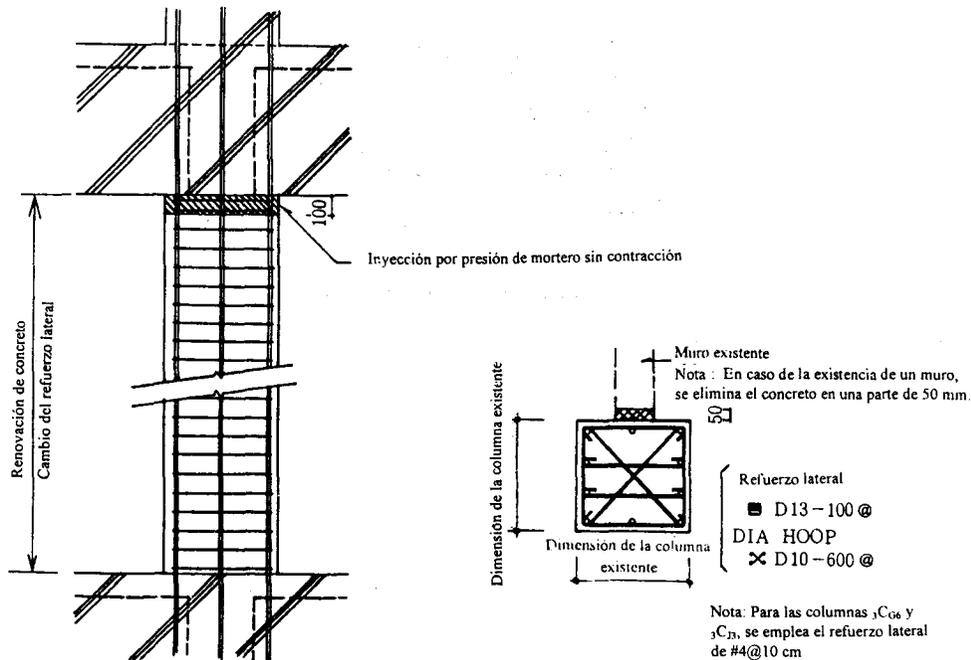


Figura 7.8. Refuerzo en columna con renovación de concreto

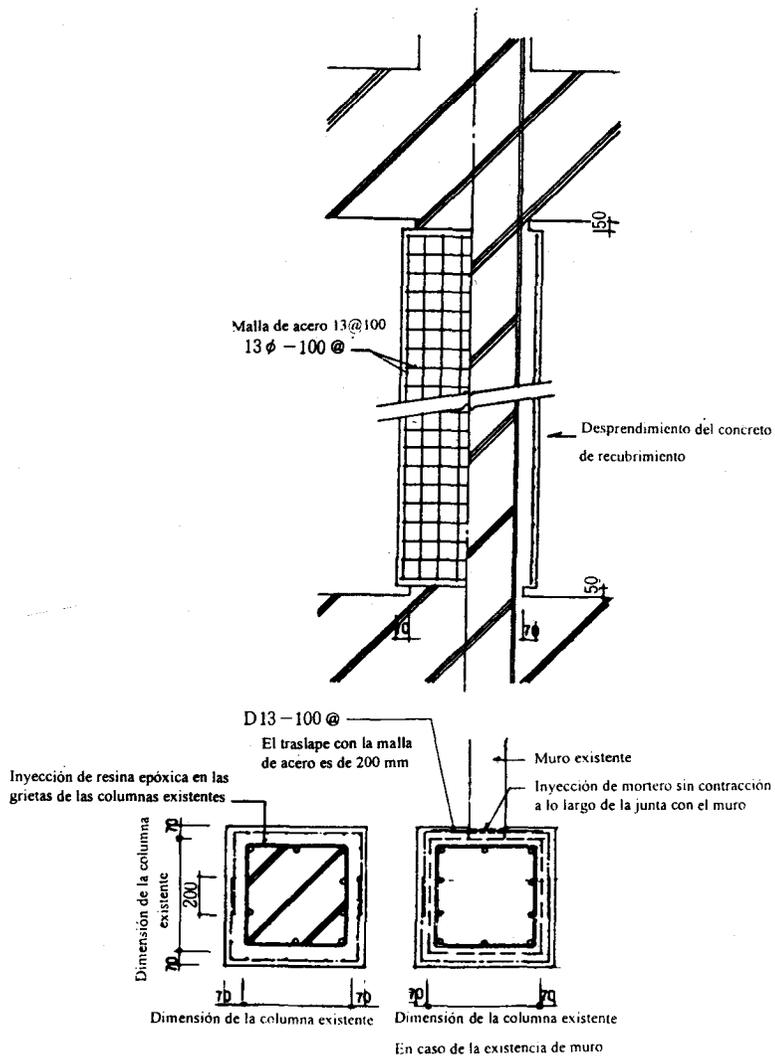


Figura 7.9 Columna reforzada con malla de acero

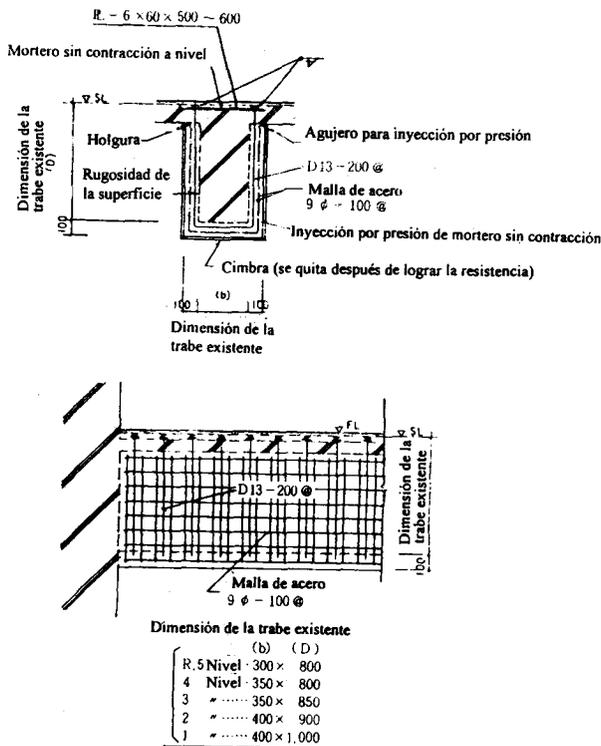


Figura 7.10 Refuerzo de trabe

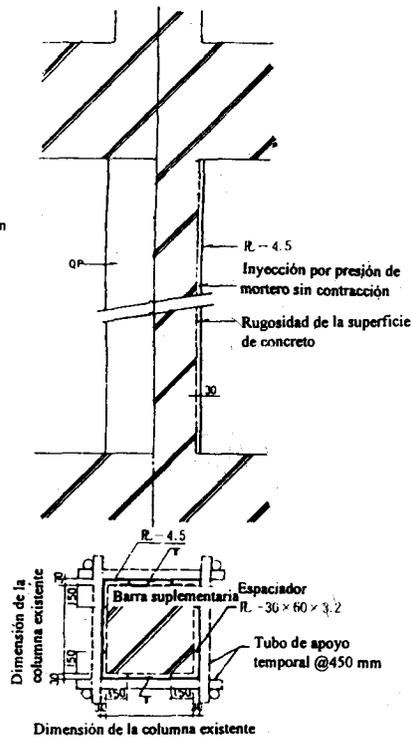


Figura 7.11 Columna reforzada con encamisado de placas de acero

7.4 Características de resistencia y comportamiento sísmico posterior al proceso de rehabilitación y refuerzo

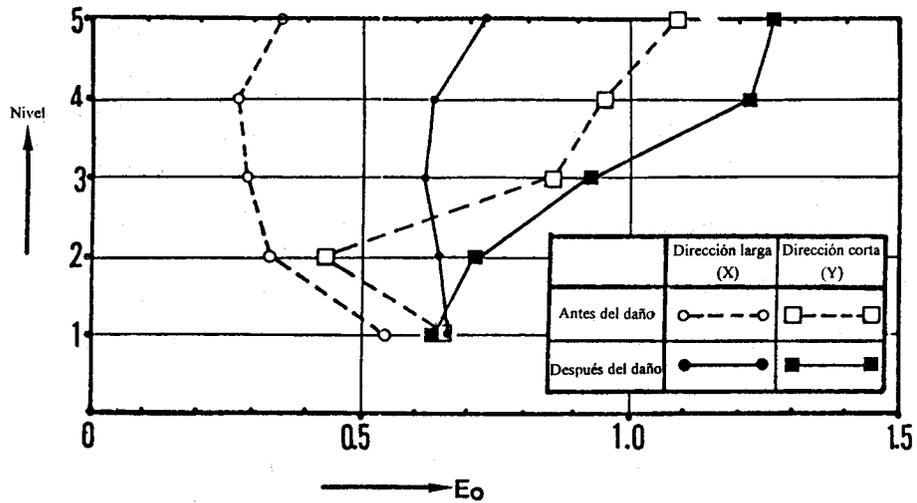
Se evaluó la resistencia sísmica del edificio en la condición anterior y posterior al daño, de acuerdo con el método de evaluación de la resistencia antisísmica de tercer nivel. Abajo se presenta el resumen.

a. Se mejoró bastante la resistencia y la capacidad de deformación de los elementos, principalmente en la dirección larga de los niveles 3 a 5. En consecuencia, el índice básico de capacidad E_0 aumentó tanto en la dirección larga de cada nivel, excepto en el sótano, como en la dirección corta. En la dirección larga, el valor de E_0 anterior al daño fue 0.27 (para el nivel 4) y 0.55 (para el nivel 1), y los valores de E_0 posterior al refuerzo fueron de 0.61 (para el nivel 3) y 0.72 (para el nivel 5). En la dirección corta, los valores fueron 0.44 (para el nivel 2), 1.10 (para el nivel 5) antes de la reparación, y 0.63 (para el nivel 1) y 1.26 para el nivel 5) después de la reparación. (figura 7.12(a))

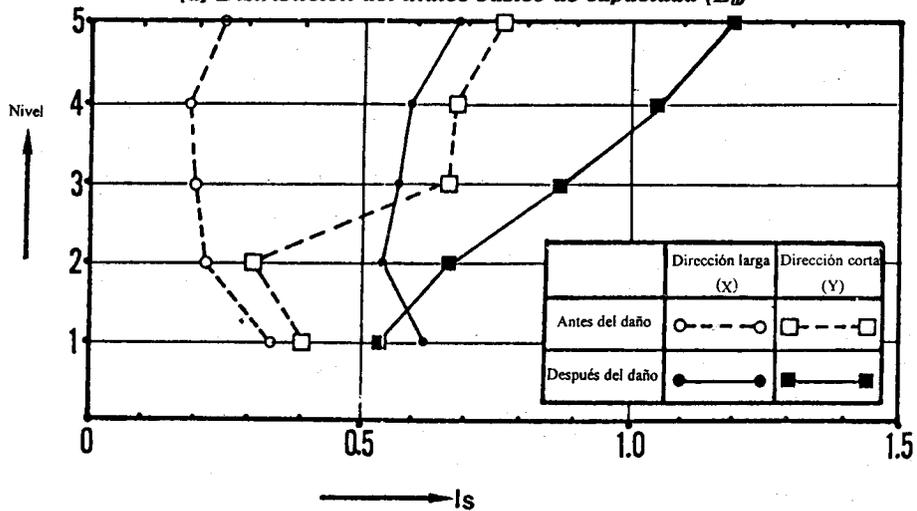
b. Excepto las rigideces relativamente bajas en la dirección larga de los niveles 1 y 2, la distribución vertical de rigidez se ha mejorado mucho por el refuerzo. La excentricidad de

cada nivel, debida a la diferencia en ubicación de los centros de rigidez y de gravedad, es pequeña tanto antes, como después del refuerzo.

c. Considerando el índice de resistencia sísmica de estructuras I_s , se observan aumentos desde 0.20 hasta 0.58 (2.9 veces) en la dirección larga del nivel 3, desde 0.19 hasta 0.60 (3.2 veces) en la misma dirección del nivel 4, desde 0.31 hasta 0.67 (2.2 veces) en la dirección corta del nivel 2, logrando así la meta de la capacidad y comportamiento sísmico. (figura 7.12(b))



(a) Distribución del índice básico de capacidad (E_0)



(b) Distribución del índice de resistencia antisísmica de la estructura (I_s)

Figura 7.12. Comparación de la capacidad y comportamiento antisísmico antes y después del refuerzo

(2) ESCUELA PREPARATORIA SEITOU DE LA PREFECTURA DE CHIBA

1. Introducción

En esta sección, se trata el edificio de concreto reforzado especial de aulas de la preparatoria Seitou de la prefectura de Chiba. Este edificio sufrió daño por el sismo de la costa Este de la prefectura de Chiba en diciembre de 1987. Se presentan, además, los resultados de la evaluación inmediata de emergencia, del nivel de seguridad y de la evaluación de la clasificación y del nivel de daño como ejemplo de aplicación de la norma de evaluación del nivel de daño.

2. Descripción del sismo

Se presenta un resumen de las características del sismo de la costa Este de la prefectura de Chiba (Referencia 5), objeto de este ejemplo de aplicación. En la figura 2.1, se muestran las intensidades de sitio en la vecindad y el epicentro, anunciados por la Agencia Meteorológica del Japón, también se indica la localización del edificio en estudio.

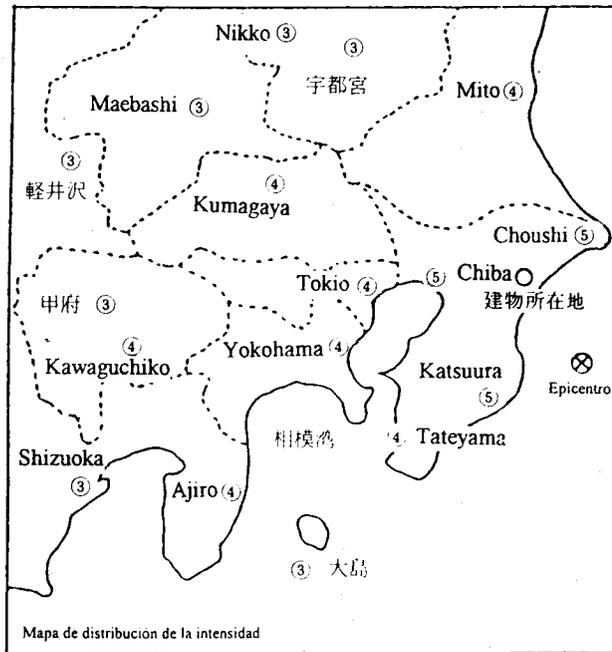


Figura 2.1 Distribución de intensidades

Se observaron grandes aceleraciones, de 684 cm/s^2 en la ciudad de Seitou de la prefectura de Chiba, y 400 cm/s^2 en el laboratorio de la Universidad de Tokio en Chiba. Sin

embargo, no se constituyó en un sismo destructivo, ya que como se pudo observar en los datos del laboratorio de la Universidad de Tokio, las grandes aceleraciones en la dirección NS sobresalen y predominan en rangos de período corto, menor de 0.2 s.

Fecha y hora	17 de diciembre, 1987, 11:08 h
Epicentro	latitud Norte 35°21'; longitud Este 140°29'; profundidad: 58 km
Magnitud	M=6.7
Intensidades	V: Choushi, Chiba, Katsuura IV: Tokio, Yokohama, Tateyama, Kumagaya, Mito, Ajiro, Kawaguchiko III: Maebashi, Shizuoka, Nikko, etc.

3. Descripción del edificio y del daño

3.1 Descripción del edificio

Nombre:	Preparatoria Seitou de la prefectura de Chiba, edificio especial de aulas
Localización:	Seitou, Seitou-chou, Sanbu-gun, Chiba
Estructuración:	Concreto reforzado, 4 pisos
Año de construcción:	1986

En la fotografía 1, se muestra la vista exterior sur del edificio, y en la fotografía 2, la vista exterior norte del mismo. También, en la figura 3.1, se muestra la planta del nivel 1, y en la figura 3.2, la elevación del eje A. Como se ha mostrado en las fotografías y las figuras, la estructura de este edificio es de marcos resistentes a momento en la dirección larga, y combinación de marcos resistentes a momento y muros estructurales en la dirección corta. Casi todas columnas del marco norte son columnas cortas, que es el problema típico en edificios escolares. Únicamente ocho ejes de la dirección corta se estructuraron con marcos resistentes a momento, por lo que forman 8/18 parte de todos los ejes en esa dirección.

3.2 Descripción del daño

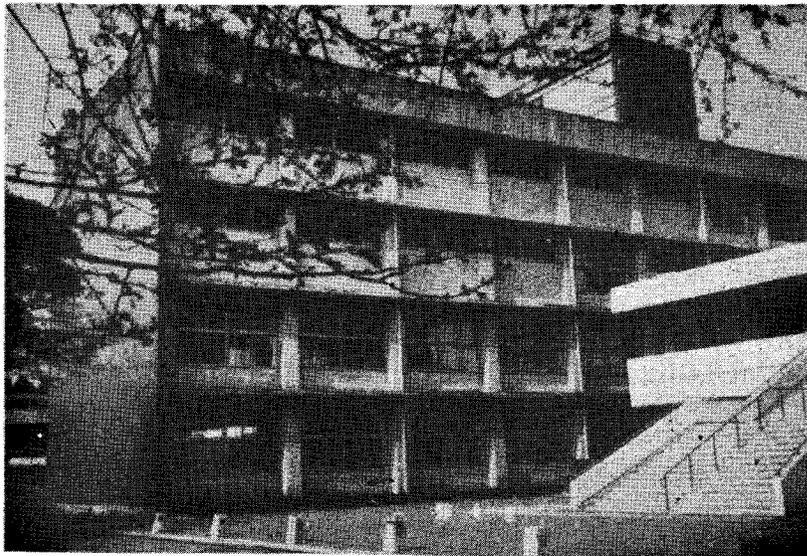
En la figuras 3.1, 3.2 y las fotografías 3 a 14, se muestra el resumen del daño del edificio (referencia 6). El daño se concentró en el marco exterior norte; en el marco exterior sur y los marcos de la dirección corta no se presentaron daños significativos. Consultando estos datos, se puede resumir la condición de daño como sigue:

- No hubo asentamientos del terreno ni desplomo.
- Aunque se puede evaluar el daño del edificio total como medio, existen algunas partes que sufrieron daño severo a grave.
- En la dirección corta, casi no se observó daño, ni en el marco sur de la dirección larga. Las columnas del marco interior en la dirección larga prácticamente no sufrieron daño, aunque los muros no estructurales, especialmente del nivel 1, presentaban agrietamiento diagonal. Al contrario, muchas columnas cortas y muros no estructurales del marco norte presentaron agrietamiento severo (fotografía 2 y figura 3.2).

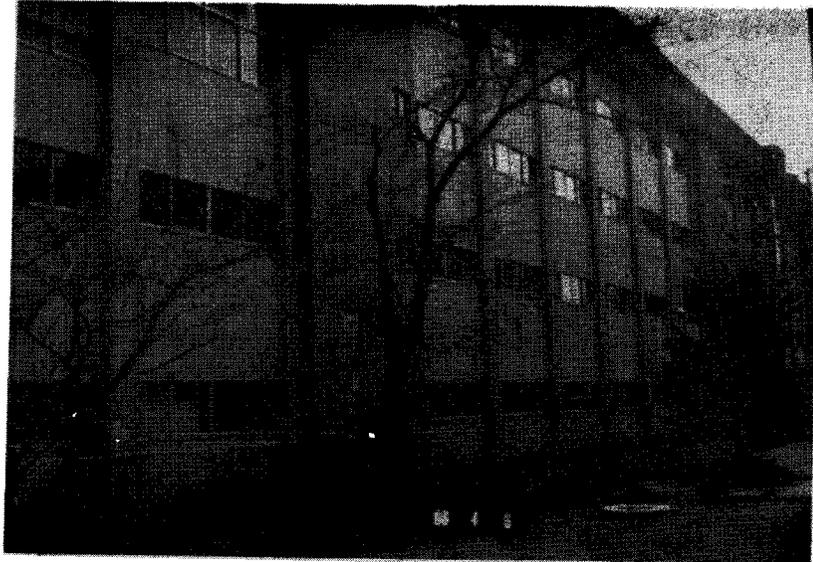
- El muro en voladizo de la escalera exterior de la fachada Oeste en la dirección corta, falló por flexión fuera del plano en el último piso, inclinándose hacia el Oeste. (fotografía 14)

- En los niveles 1 y 2 del marco norte, se observaron agrietamiento por cortante en las columnas con anchura mayor a 1 mm; algunas de ellas perdieron parcialmente el mortero o el concreto de recubrimiento (fotografías 3, 4, 6, 7 y 8). También gran cantidad de muros no estructurales se agrietaron severamente por cortante.

- En los niveles 3 y 4 del marco norte, la mayoría de las columnas se agrietaron por flexión en sus extremos, pero todas las anchuras de las grietas son aproximadamente de 0.1 mm, y se pueden catalogar como daños ligeros, comparando con el nivel de daño de los niveles 1 y 2.



Fotografía 1. Aspecto de la fachada sur. Aunque existen columnas cortas, no se observan los agrietamientos notables.



Fotografía 2. Aspecto de la fachada Norte. Casi todas las columnas son cortas, con los parapetos o muros parciales ligados. Prácticamente la mitad de las columnas de los niveles 1 y 2 se agrietaron diagonalmente y se clasificaron con nivel de daño III (una de ellas se clasificó como IV)

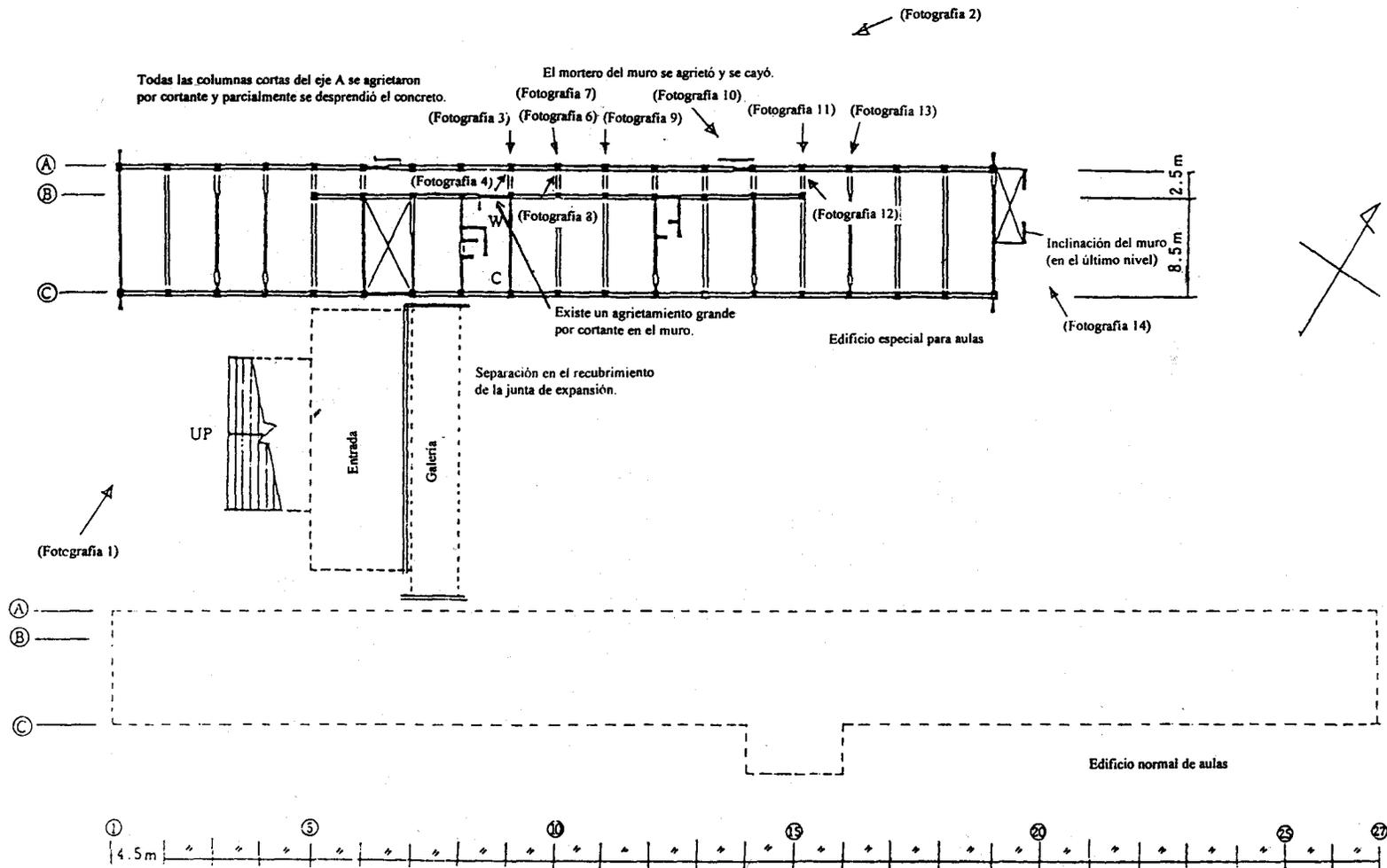


Figura 3.1 Planta del primer nivel de la preparatoria Seitou y la condición de daño

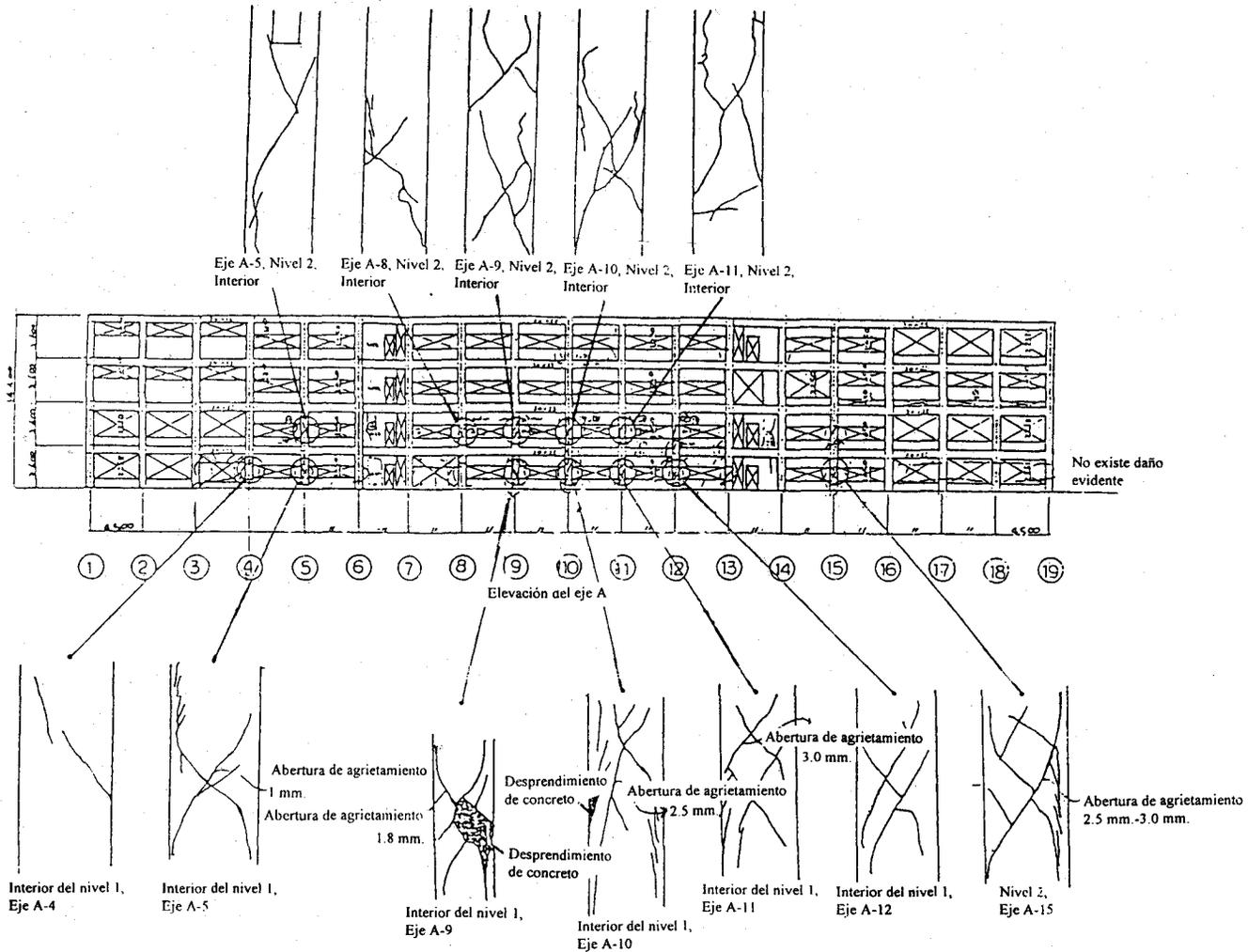
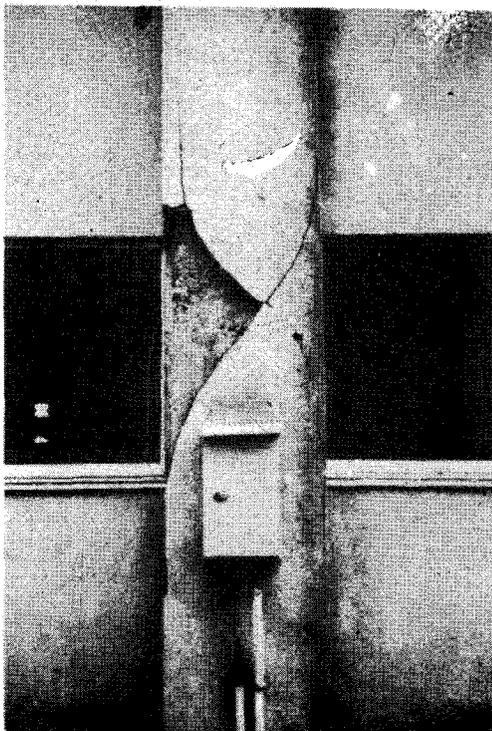


Figura 3.2 Bosquejo del patrón de agrietamiento en el interior del eje A del edificio especial para aulas de la preparatoria Seitou



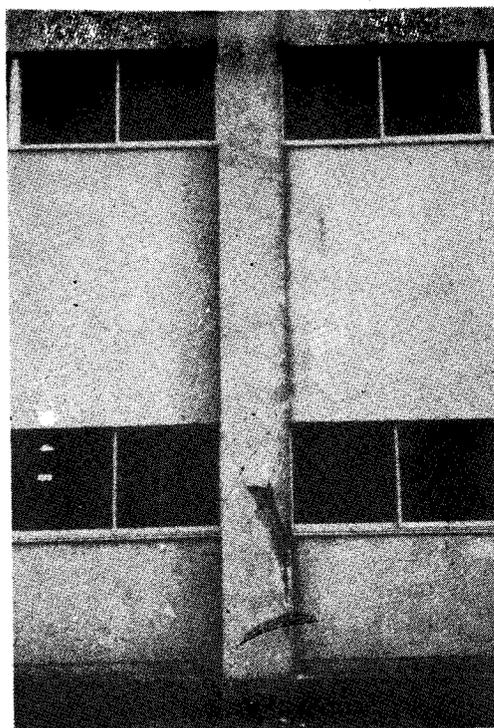
Fotografía 3. La única columna clasificada con el nivel de daño IV (I_{CA9}). Se desprendió el concreto de recubrimiento con espesor igual a 5 cm. Se observa porosidad y huecos en el concreto



Fotografía 4. Aspecto interior de la columna de la fotografía 3. La anchura del agrietamiento es igual a 6 mm



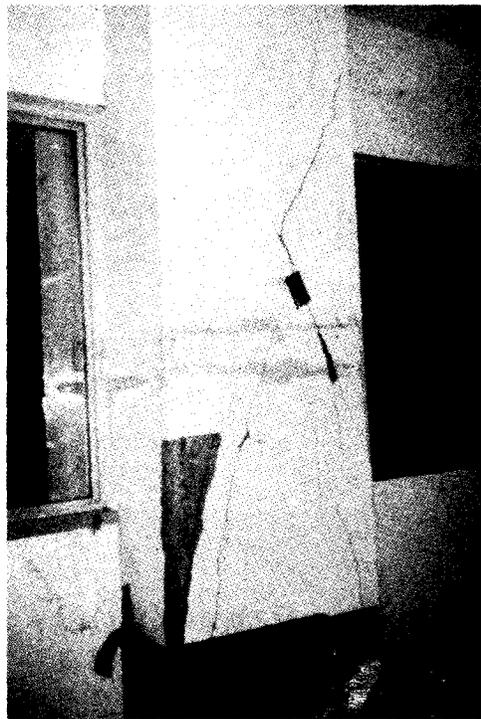
Fotografía 5. Aspecto interior de $2C_{A9}$. Se ha clasificado con el nivel de daño III; anchura de agrietamiento igual a 1.2 mm



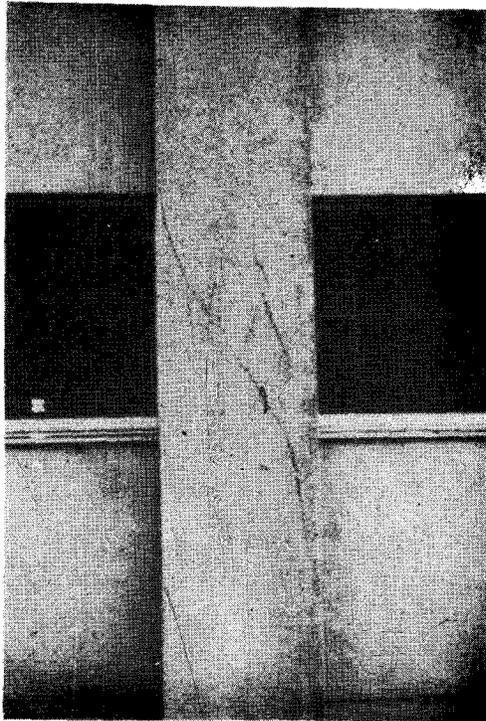
Fotografía 6. Aspecto de las columnas del eje A-10, en los niveles 1 y 2 ($1C_{A10}$, $2C_{A10}$)



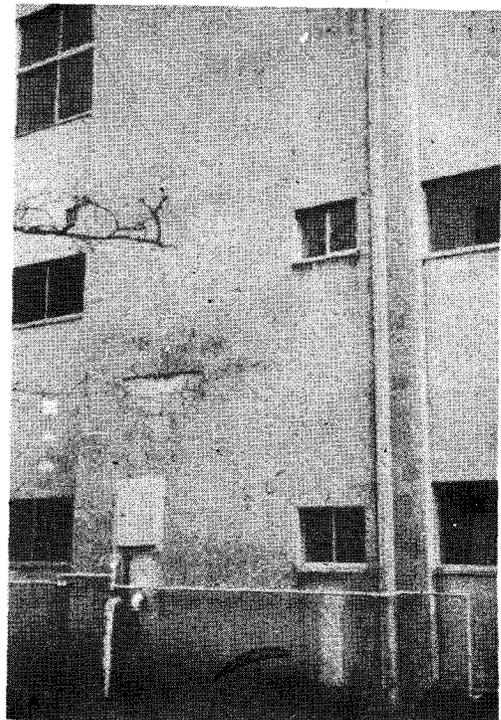
**Fotografía 7. Columna con nivel de daño
III ($1C_{A10}$)**



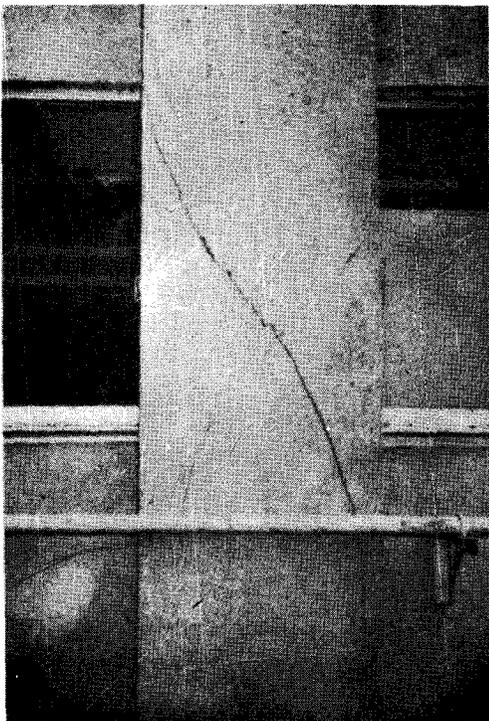
**Fotografía 8. Interior de la columna
 $1C_{A10}$. La anchura del agrietamiento es
igual a 2.5 mm**



Fotografía 9. Aspecto de la columna $1C_{A11}$. El nivel de daño es II



Fotografía 10. Muros del marco exterior, entre los ejes 13 y 14 ($1W_{A13-A14}$). El nivel de daño de las columnas de borde $1C_{A13}$, $1C_{A14}$, es igual a I



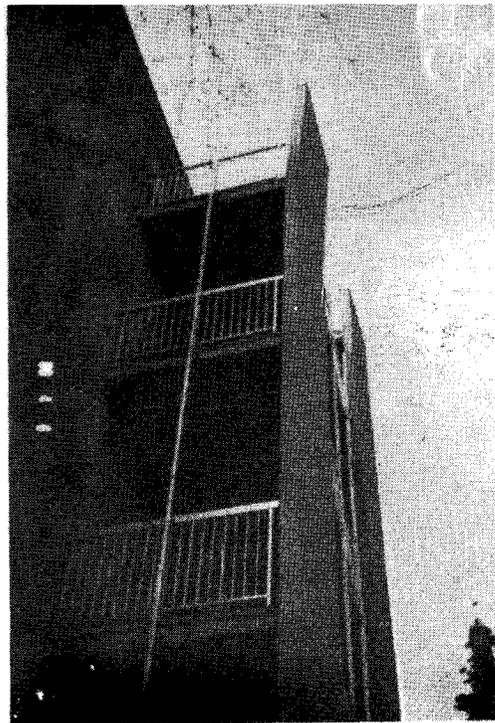
**Fotografía 11. Aspecto del daño de $1C_{A15}$
el nivel de daño es III**



**Fotografía 12. Aspecto del agrietamiento
del interior de $1C_{A15}$**



Fotografía 13. Aspecto del agrietamiento por cortante de $1C_{A16}$. El nivel de daño es II. La anchura de agrietamiento del interior es igual a 0.45 mm



Fotografía 14. Inclinación del muro de la escalera exterior en el último nivel del extremo Este en la dirección corta

4. Evaluación inmediata de emergencia del nivel de peligro y riesgo

4.1 Condición de daño por asentamientos del terreno, desplomo y daño en las columnas

(1) Inspección e investigación del exterior

1) Se califica como nivel A, ya que no se ha observado daño por asentamientos del terreno ni desplomo.

2) Se inspecciona e investiga el nivel 1, ya que se ha determinado que se evalúa el nivel con mayor concentración de daños en el caso de estructuras a base de marcos resistentes a momento, haciendo énfasis además en la importancia del daño en las columnas.

En la figura 4.1, se muestra la condición del daño de las columnas con nivel de daño mayor a III en la planta baja.

$$\frac{\text{Número de columnas con nivel de daño IV}}{\text{Número de columnas exteriores investigadas}} = \frac{1}{38} \times 100 = 2.6\% \text{ Nivel da Daño A}$$

$$\frac{\text{Número de columnas con nivel de daño V}}{\text{Número de columnas exteriores investigadas}} = \frac{0}{38} \times 100 = 0\% \text{ Nivel de Daño A}$$

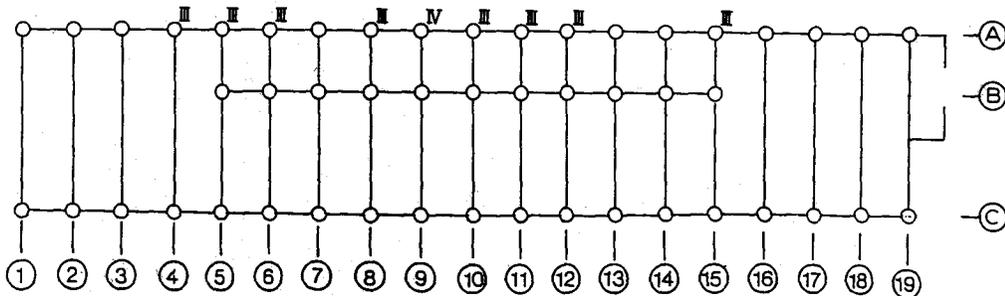


Figura 4.1. Condición de daño en las columnas del primer nivel del edificio especial de aulas de la preparatoria Seitou (nivel de daño mayor o igual a III)

3) Con respecto a la posibilidad de caída de objetos, es obvio que el muro en voladizo inclinado de la última parte de la escalera exterior es peligroso, y se clasifica con nivel C. (fotografía 14)

(2) Inspección e investigación del interior

No hubo daño en las columnas del marco interior, ni existe posibilidad de caída y volcamiento de objetos. Por lo tanto, con respecto a los elementos del interior, se clasifica en el nivel de daño A.

4.2 Resultados del proceso de inspección y evaluación, y las medidas a considerar

En la tabla 4.1, se muestra la tabla de inspección para la evaluación inmediata de emergencia del nivel de daño obtenida como resultado de la inspección anterior.

(1) Resultado de evaluación

1) Aunque el nivel de daño de los elementos estructurales se clasificó en A, se designa con "Precaución", ya que existen columnas con nivel de daño mayor a III.

2) Con respecto a la posibilidad del volcamiento de objetos, se designa con "Seguro", ya que no existe nivel de daño mayor a B.

3) Con respecto a la posibilidad de la caída de objetos, se designa con "Peligro", ya que la escalera exterior se ha clasificado con nivel de daño C.

(2) Medidas a considerar.

1) Se prohíbe entrar a la zona de peligro de la caída de objetos alrededor de la escalera exterior de la fachada Este en la dirección corta.

2) Se solicita precaución para ingresar al edificio por los daños en los elementos estructurales, y además, se exhorta a no acercarse a las columnas con nivel de daño mayor a III.

3) En el momento del uso del edificio, será necesario retirar o reforzar inmediatamente el muro en voladizo de la escalera exterior. Se deberá escribir claramente en las columnas, las notas de la tabla de inspección e investigación, para exhortar a tomar las medidas rápidamente.

4) Este edificio no es adecuado para usar como establecimiento de refugio, ya que se ha calificado con "Acceso con precaución".

Tabla 4.1 Formato para inspección y evaluación inmediata de emergencia del nivel de peligro y riesgo (para edificios de concreto reforzado)

		No. DE INMUEBLE _____						
INSPECTOR	NOMBRE: AFILIACIÓN:	RESULTADO DE LA EVALUACIÓN	NIVEL DE RIESGO Y PELIGRO	SEGURO	PRECAUCIÓN	PELIGRO	OBSERVACIONES Y MEDIDAS RECOMENDADAS	
FECHA DE INSPECCIÓN	FECHA: AÑO: MES: DÍA: HORA:		EDIFICIO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> PROHIBIDO EL ACCESO	
<input type="checkbox"/> PRIMERA INSPECCIÓN <input type="checkbox"/> SEGUNDA INSPECCIÓN <input type="checkbox"/> NÚMERO DE INSPECCIÓN [] VECES]			CAÍDA DE OBJETOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> PRECAUCIÓN AL ENTRAR	
			VOLCAMIENTO DE OBJETOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ACCESO POSIBLE	
		POSIBILIDAD DE USARLO COMO ALBERGUE (EDIFICIOS PÚBLICOS)						
		[] POSIBLE		[X] IMPOSIBLE				
REPORTE AL USUARIO <input type="checkbox"/> EXISTE <input type="checkbox"/> POSTERIOR		NECESARIO ENTREVISTARSE CON LOS USUARIOS PARA INFORMAR SOBRE LAS MEDIDAS DE PRECAUCIÓN <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÍ						
DESCRIPCIÓN E INFORMACIÓN DEL EDIFICIO	NOMBRE DEL EDIFICIO	EDIFICIO ESPECIAL PARA AULAS, PREPARATORIA SEITOU DE LA PREFECTURA DE CHIBA						
	DIRECCIÓN Y UBICACIÓN	SEITOU, SEITOU-CHO, SANBU-GUN, PREFECTURA DE CHIBA						
	DUÑO O USUARIO DEL EDIFICIO	DIRECCIÓN: NOMBRE: GOBIERNO PREFECTURAL DE CHIBA TELÉFONO: _____						
	USO DEL EDIFICIO	<input type="checkbox"/> GENERAL	<input type="checkbox"/> OFICINAS <input type="checkbox"/> RESIDENCIAL <input type="checkbox"/> DEPARTAMENTOS <input type="checkbox"/> TIENDAS <input type="checkbox"/> FABRICAS <input type="checkbox"/> BODEGAS <input type="checkbox"/> OTROS ()					
		<input checked="" type="checkbox"/> PÚBLICO	<input checked="" type="checkbox"/> ESCUELAS <input type="checkbox"/> GIMNASIO <input type="checkbox"/> JARDÍN DE NIÑOS <input type="checkbox"/> CENTROCOMUNITARIO <input type="checkbox"/> EDIFICIO GUBERNAMENTAL <input type="checkbox"/> HOSPITAL <input type="checkbox"/> OTROS ()					
	TIPO DE CONSTRUCCIÓN	<input checked="" type="checkbox"/> COMPUESTA ACERO-CONCRETO <input type="checkbox"/> MAMPOSTERÍA		<input type="checkbox"/> CONCRETO REFORZADO <input type="checkbox"/> CONCRETO PRECOLADO				
	SISTEMA ESTRUCTURAL	<input checked="" type="checkbox"/> MARCOS RESISTENTES A MOMENTO <input type="checkbox"/> OTROS ()		<input type="checkbox"/> MUROS ESTRUCTURALES				
	DIMENSIONES DEL EDIFICIO	NÚMERO DE NIVELES	SUPERESTRUCTURA: <u>4</u> PISOS, PH: <u>2</u> PISOS, SÓTANO: <u> </u> PISOS					
		PLANTA	<u>1</u> PISO, APROXIMADAMENTE <u>11</u> (m) x <u>81</u> (m)					
	CONFIGURACIÓN DEL SUELO Y TERRENO	<input type="checkbox"/> TERRENO PLANO <input type="checkbox"/> TERRENO INCLINADO <input checked="" type="checkbox"/> ALTIPLANO <input type="checkbox"/> HONDONADA						
CONFIGURACIÓN DEL SUELO EN LA VECINDAD	<input type="checkbox"/> CAÑÓN A <u> </u> m, <input type="checkbox"/> RÍO / MAR / LAGO / PÁNTANO A <u> </u> m							
MATERIALES DE ACABADO EXTERIOR	<input type="checkbox"/> CONCRETO <input checked="" type="checkbox"/> MORTERO <input type="checkbox"/> AZULEJO <input type="checkbox"/> PIEDRA <input type="checkbox"/> MUROS PRECOLADOS <input type="checkbox"/> PANELES PREFABRICADOS <input type="checkbox"/> BLOQUES <input type="checkbox"/> PANELES DE CONCRETO LIGERO <input type="checkbox"/> OTROS ()							
INSPECCIÓN DEL EXTERIOR (SE REALIZA EN TODOS LOS EDIFICIOS)	ASPECTOS DE INSPECCIÓN E INVESTIGACIÓN	MÉTODO DE INSPECCIÓN E INVESTIGACIÓN, OBJETO MODELO	NIVEL A DE DAÑO	NIVEL B DE DAÑO	NIVEL C DE DAÑO			
	DESPLOMO DEL EDIFICIO	DESPLOMO DEBIDO A ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES	<input checked="" type="checkbox"/> < 1° (1/60)	<input type="checkbox"/> 1° - 2° (1/60 / 1/30)	<input type="checkbox"/> ≥ 2° (1/30)			
	ASENTAMIENTO DEL EDIFICIO	ASENTAMIENTO TOTAL POR FALLA DEL SUBSUELO	<input checked="" type="checkbox"/> < 0.2 m	<input type="checkbox"/> 0.2 - 1.0 m	<input type="checkbox"/> ≥ 1.0 m			
	FALLA EN COLUMNAS EXTERIORES DE EDIFICIOS A BASE DE MARCOS RESISTENTES A MOMENTO (PORCENTAJE DE COLUMNAS INVESTIGADAS = 100 %)	(NÚMERO DE COLUMNAS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA IV) (NÚMERO DE COLUMNAS EXTERIORES INVESTIGADAS)	<input checked="" type="checkbox"/> < 10 (%)	<input type="checkbox"/> 10 - 20 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 20 (%)			
		(NÚMERO DE COLUMNAS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA V) (NÚMERO DE COLUMNAS EXTERIORES INVESTIGADAS)	<input checked="" type="checkbox"/> < 1 (%)	<input type="checkbox"/> 1 - 10 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 10 (%)			
		CUANDO A SIMPLE VISTA SE PUEDE CATALOGAR CON NIVEL C	<input type="checkbox"/> _____			
	FALLA EN MUROS EXTERIORES DE EDIFICIOS A BASE DE MUROS ESTRUCTURALES (PORCENTAJE DE MUROS INVESTIGADOS = %)	(LONGITUD TOTAL DE MUROS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA IV) (LONGITUD TOTAL DE MUROS EXTERIORES INVESTIGADOS)	<input type="checkbox"/> < 10 (%)	<input type="checkbox"/> 10 - 20 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 20 (%)			
		(LONGITUD TOTAL DE MUROS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA V) (LONGITUD TOTAL DE MUROS EXTERIORES INVESTIGADOS)	<input type="checkbox"/> < 1 (%)	<input type="checkbox"/> 1 - 10 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 10 (%)			
CUANDO A SIMPLE VISTA SE PUEDE CATALOGAR CON NIVEL C		<input type="checkbox"/> _____				
CONCLUSIÓN, RESUMEN	EXISTENCIA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON NIVEL DE DAÑO SUPERIOR A III: <input checked="" type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL A <u>4</u>	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL B <u>0</u>	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL C <u>0</u>				
DESPRENDIMIENTO Y CAÍDA DE OBJETOS	<input checked="" type="checkbox"/> DAÑOS EN VIDRIOS DE VENTANAS	<input checked="" type="checkbox"/> < 1 (%)	<input type="checkbox"/> 1 - 10 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 10 (%)				
	<input checked="" type="checkbox"/> DAÑOS EN ACABADO EXTERIOR (<input checked="" type="checkbox"/> MORTERO <input type="checkbox"/> AZULEJOS <input type="checkbox"/> PIEDRA)	<input checked="" type="checkbox"/> DAÑO MENOR	<input type="checkbox"/> AGRIETAMIENTO Y SEPARACIÓN PARCIAL	<input type="checkbox"/> AGRIETAMIENTO Y SEPARACIÓN Y CAÍDA				

ASPECTOS DE INSPECCIÓN E INVESTIGACIÓN		MÉTODO DE INSPECCIÓN E INVESTIGACIÓN, OBJETO MODELO	NIVEL A DE DAÑO	NIVEL B DE DAÑO	NIVEL C DE DAÑO	
INSECCIÓN DEL EXTERIOR (SE REALIZA EN TODOS LOS EDIFICIOS)	DESPRENDIMIENTO Y CAÍDA DE OBJETOS	<input type="checkbox"/> DAÑOS EN ACABADO EXTERIOR <input type="checkbox"/> CONCRETO PREFABRICADO <input type="checkbox"/> PANELES DE CONCRETO LIGERO <input type="checkbox"/> BLOQUES	<input type="checkbox"/> OBSERVACIÓN VISUAL DE GRIETAS	<input type="checkbox"/> GRIETAS IMPORTANTES, SE OBSERVA EL OTRO LADO DEL PANEL	<input type="checkbox"/> MOVIMIENTO RELATIVO EN LA GRIETA, FALLA DEL PANEL	
		<input type="checkbox"/> PASILLO Y BALCÓN <input type="checkbox"/> PARAPETO <input type="checkbox"/> PUBLICIDAD EN LAS AZOTÉAS <input type="checkbox"/> TINACOS <input type="checkbox"/> CUARTOS DE MÁQUINAS E INSTALACIONES <input type="checkbox"/> SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO <input type="checkbox"/> TORRES DE ENFRÍAMIENTO <input type="checkbox"/> PENTHOUSE <input type="checkbox"/> CHIMENEA DE AZOTEA <input checked="" type="checkbox"/> OTROS (Muro pretil de la estructura de escaleras exteriores)	<input type="checkbox"/> SIN DESPLOMO <input type="checkbox"/> SIN DESPLOMO	<input type="checkbox"/> DESPLOMO LEVE <input type="checkbox"/> DESPLOMO LEVE	<input type="checkbox"/> DESPLOMO NOTABLE <input checked="" type="checkbox"/> Desplomo notable	
CONCLUSIÓN Y RESUMEN			NÚMERO DE CASOS CON NIVEL A <u>2</u>	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL B <u>0</u>	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL C <u>1</u>	
INSECCIÓN DEL EXTERIOR (SE REALIZA EN TODOS LOS EDIFICIOS)	VOLCADURA DE OBJETOS	<input checked="" type="checkbox"/> ESCALERA EXTERIOR <input type="checkbox"/> TERRAZA DE BLOQUES <input type="checkbox"/> DEPÓSITOS DE COMBUSTIBLE <input type="checkbox"/> MÁQUINAS VENDEDORAS AUTOMÁTICAS <input type="checkbox"/> OTROS ()	<input checked="" type="checkbox"/> SIN DESPLOMO <input type="checkbox"/> SIN DESPLOMO <input type="checkbox"/> EXISTE FIJACIÓN <input type="checkbox"/> EXISTE FIJACIÓN	<input type="checkbox"/> DESPLOMO LEVE <input type="checkbox"/> DESPLOMO LEVE <input type="checkbox"/> NO EXISTE FIJACIÓN <input type="checkbox"/> NO EXISTE FIJACIÓN	<input type="checkbox"/> DESPLOMO NOTABLE <input type="checkbox"/> DESPLOMO NOTABLE <input type="checkbox"/> DESPLOMO NOTABLE <input type="checkbox"/> DESPLOMO NOTABLE	
		CONCLUSIÓN Y RESUMEN		NÚMERO DE CASOS CON NIVEL A <u>1</u>	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL B <u>0</u>	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL C <u>0</u>
INSECCIÓN INTERIOR (INSPECCIÓN QUE ES NECESARIO HACERSE EN EDIFICIOS PÚBLICOS)	FALLA EN COLUMNAS INTERIORES DE EDIFICIOS A BASE DE MARCOS RESISTENTES A MOMENTO (PORCENTAJE DE COLUMNAS INVESTIGADAS = 100 %)	(NÚMERO DE COLUMNAS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA IV) (NÚMERO DE COLUMNAS INTERIORES INVESTIGADAS)	<input checked="" type="checkbox"/> < 10 (%)	<input type="checkbox"/> 10 - 20 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 20 (%)	
		(NÚMERO DE COLUMNAS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA V) (NÚMERO DE COLUMNAS INTERIORES INVESTIGADAS)	<input checked="" type="checkbox"/> < 1 (%)	<input type="checkbox"/> 1 - 10 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 10 (%)	
		CUANDO A SIMPLE VISTA SE PUEDE CATALOGAR CON NIVEL C	<input type="checkbox"/>	
	FALLA EN MUROS INTERIORES DE EDIFICIOS A BASE DE MUROS ESTRUCTURALES (PORCENTAJE DE MUROS INVESTIGADOS = %)	(LONGITUD TOTAL DE MUROS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA IV) (LONGITUD TOTAL DE MUROS INTERIORES INVESTIGADOS)	<input type="checkbox"/> < 10 (%)	<input type="checkbox"/> 10 - 20 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 20 (%)	
		(LONGITUD TOTAL DE MUROS CON NIVEL DE DAÑO Y PÉRDIDA V) (LONGITUD TOTAL DE MUROS INTERIORES INVESTIGADOS)	<input type="checkbox"/> < 1 (%)	<input type="checkbox"/> 1 - 10 (%)	<input type="checkbox"/> ≥ 10 (%)	
		CUANDO A SIMPLE VISTA SE PUEDE CATALOGAR CON NIVEL C	<input type="checkbox"/>	
	CONCLUSIÓN Y RESUMEN		EXISTENCIA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON NIVEL DE DAÑO SUPERIOR A III: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL A <u>2</u>	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL B <u>0</u>	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL C <u>0</u>
	PELIGRO Y RIESGO DE VOLCAMIENTO Y CAÍDA DE OBJETOS	<input checked="" type="checkbox"/> ACABADO DE TECHOS <input checked="" type="checkbox"/> EQUIPO DE ILUMINACIÓN EN TECHOS <input type="checkbox"/> PLAFÓN Y DOMOS EN TECHOS <input type="checkbox"/> INSTALACIONES DE GIMNASIO EN MUROS Y TECHOS <input type="checkbox"/> MUROS DIVISORIOS <input checked="" type="checkbox"/> ESCALERAS INTERIORES <input type="checkbox"/> OTROS ()	<input checked="" type="checkbox"/> COMPLETAMENTE SANO <input checked="" type="checkbox"/> COMPLETAMENTE SANO <input type="checkbox"/> COMPLETAMENTE SANO <input type="checkbox"/> COMPLETAMENTE SANO <input type="checkbox"/> COMPLETAMENTE SANO <input checked="" type="checkbox"/> COMPLETAMENTE SANO <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> INCIERTO <input type="checkbox"/> INCIERTO <input type="checkbox"/> INCIERTO <input type="checkbox"/> INCIERTO <input type="checkbox"/> INCIERTO <input type="checkbox"/> INCIERTO <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> EXISTE PELIGRO DE CAÍDA DE OBJETOS <input type="checkbox"/>	
		CONCLUSIÓN Y RESUMEN		NÚMERO DE CASOS CON NIVEL A <u>3</u>	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL B <u>0</u>	NÚMERO DE CASOS CON NIVEL C <u>0</u>
	EDIFICIOS COLINDANTES (INSPECCIÓN DE EDIFICIOS INICIANDO CON EDIFICIOS PÚBLICOS)	RIESGO DEBIDO A COLISIÓN CON EDIFICIOS COLINDANTES	<input type="checkbox"/> SIN RIESGO	<input type="checkbox"/> INCIERTO	<input type="checkbox"/> RIESGOSO	
ESTRUCTURAS AJENAS AL EDIFICIO EN CUESTIÓN		<input type="checkbox"/> SIN RIESGO	<input type="checkbox"/> INCIERTO	<input type="checkbox"/> RIESGOSO		
INSTALACIONES:	ELÉCTRICAS <input checked="" type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NO	SUMINISTRO DE AGUA <input checked="" type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NO	GAS <input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NO	SERVICIO SANITARIO <input checked="" type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NO		

5. Evaluación de la clasificación y nivel de daño

5.1 Condición de daño de elementos y sistemas estructurales

(1) Evaluación por asentamientos totales del terreno y desplomo

No hubo daño por asentamientos del terreno ni por desplomo. Por lo que, $S=0$ y $q=0$.

(2) Evaluación por el porcentaje de daño en los elementos estructurales

1) En las figuras 5.1 a 5.4, se muestran los niveles de daño de las columnas de cada nivel.

2) Se investiga el nivel 1 que sufrió la mayor concentración de daño.

3) Cálculo del porcentaje de elementos dañados D_i correspondiente a cada nivel de daño, y se presentan los resultados en la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Cálculo del porcentaje de elementos dañados D_i .

Nivel de daño	B_i	B_i/A	D_i
V	$B_5=0$	$B_5/A=0/49=0$	$D_5=1000 \times B_5/A=1000 \times 0=0$
IV	$B_4=1$	$B_4/A=1/49=0.020$	$D_4=100 \times B_4/A=100 \times 0.020=2.0$
III	$B_3=8$	$B_3/A=8/49=0.163$	$D_3=60 \times B_3/A=60 \times 0.163=9.8$
II	$B_2=1$	$B_2/A=1/49=0.020$	$D_2=26 \times B_2/A=26 \times 0.020=0.5$
I	$B_1=2$	$B_1/A=2/49=0.041$	$D_1=10 \times B_1/A=10 \times 0.041=0.4$
			$D=SD_i=12.7$

En consecuencia, debido a que los resultados de la evaluación de la clasificación y nivel de daño considerando el porcentaje de elementos dañados D , resulta ser $10 < D \leq 50$, por lo tanto se califica como “daño medio”.

(3) Daños de los elementos anexos

Con respecto al muro en voladizo inclinado del último nivel de la escalera exterior, se requiere refuerzo o demolición y se clasifica como “daño grave” de acuerdo con la norma de evaluación del nivel de daño (fotografía 14).

5.2 Resultados del proceso de inspección y evaluación, y las medidas a considerar

En la tabla 5.2, se muestra la tabla de inspección e investigación para evaluación de la clasificación y nivel de daño de acuerdo con los resultados anteriores.

(1) Resultado de la evaluación

1) Se clasifica el edificio total con el nivel de "daño medio"

2) Según la norma de evaluación del nivel de daño, la medida que se propone es "reparación o refuerzo (recomendándose una investigación detallada)". Esto, es producto de consultar la tabla 3.2, donde se explica el requerimiento de las medidas de "reparación", "refuerzo" y "demolición", considerando un sismo con intensidad igual a V. (figura 2.1)

(2) Medidas a considerar

1) Las columnas del marco norte que presentaron agrietamiento por cortante, requieren de un proceso de reparación adecuada tal como inyección de resina epóxica. Se requiere una investigación más detallada, tal como la evaluación de la resistencia sísmica de la estructura anterior al daño, para evaluar la necesidad de refuerzo dentro del proceso de rehabilitación.

2) Se requiere la demolición o el refuerzo del muro en voladizo inclinado de la escalera exterior de emergencia.

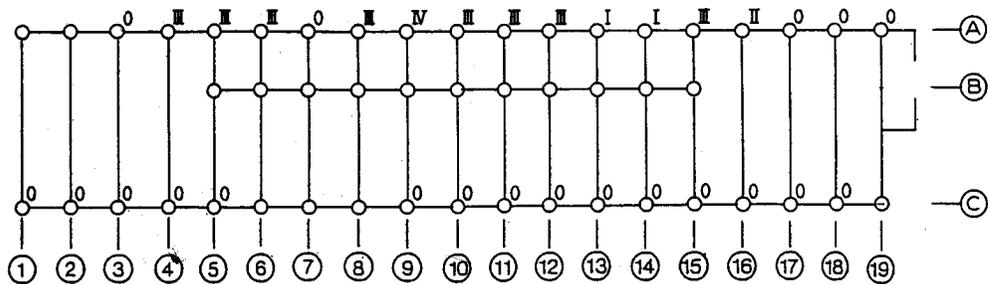


Figura 5.1. Condición de daño en las columnas del edificio especial para aulas de la preparatoria Seitou (primer nivel).

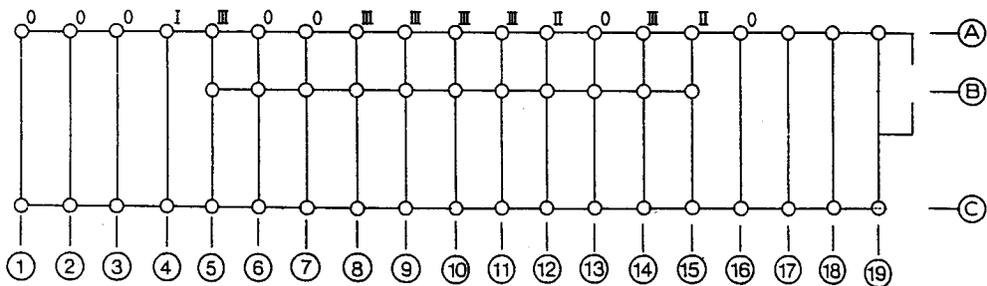


Figura 5.2. Condición de daño en las columnas del edificio especial para aulas de la preparatoria Seitou (segundo nivel).

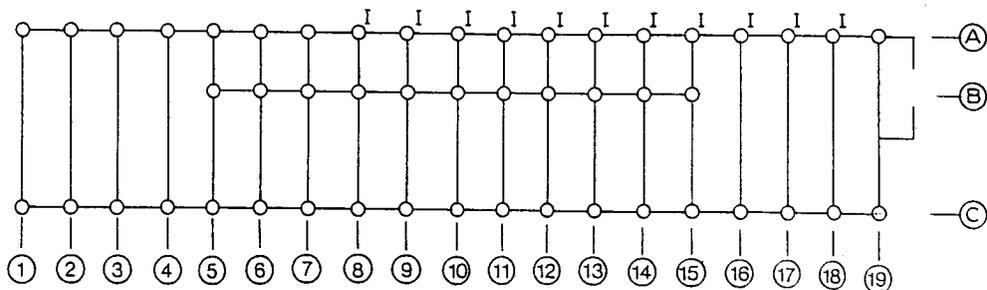


Figura 5.3. Condición de daño en las columnas del edificio especial para aulas de la preparatoria Seitou (tercer nivel).

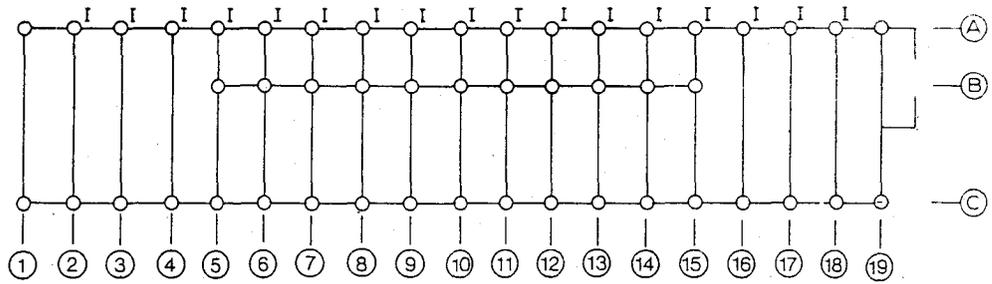


Figura 5.4. Condición de daño en las columnas del edificio especial para aulas de la preparatoria Seitou (cuarto nivel).

Tabla 5.2 Formato para inspección y evaluación de la clasificación y nivel de daño (para estructuras de concreto reforzado)

NÚMERO DE INMUEBLE: _____

INSPECTOR:	AFILIACIÓN:	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE NIVEL Y CLASIFICACIÓN DE DAÑO: <input type="checkbox"/> DAÑO LIGERO <input type="checkbox"/> DAÑO MENOR <input checked="" type="checkbox"/> DAÑO MEDIO <input type="checkbox"/> DAÑO SEVERO <input type="checkbox"/> COLAPSO
	NOMBRE:	
FECHA DE INSPECCIÓN:		EVALUACIÓN DE REPARACIÓN, REFUERZO O DEMOLICIÓN (NIVEL DE INTENSIDAD SÍSMICA RESULTANTE: 2) <input checked="" type="checkbox"/> REPARACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> REFUERZO <input type="checkbox"/> DEMOLICIÓN
AÑO: MES: DIA: HORA:		NECESIDAD E IMPORTANCIA DE UNA INSPECCIÓN DETALLADA <input checked="" type="checkbox"/> NECESARIA <input type="checkbox"/> NO NECESARIA <input type="checkbox"/> SUPERESTRUCTURA <input checked="" type="checkbox"/> ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN

INFORMACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	NOMBRE DEL EDIFICIO	NOMBRE: EDIFICIO ESPECIAL PARA AULAS, PREPARATORIA SEITOU DE LA PREFECTURA DE CHIBA DIRECCION: SEITOU, SEITOU-CHO, SANBU-GUN, PREFECTURA DE CHIBA		
	DUEÑO O USUARIO DEL EDIFICIO	NOMBRE: GOBIERNO PREFECTURAL DE CHIBA DIRECCION: COMITÉ DE EDUCACIÓN, GOBIERNO PREFECTURAL DE CHIBA		
	USO DEL EDIFICIO	<input type="checkbox"/> GENERAL	<input type="checkbox"/> OFICINAS <input type="checkbox"/> RESIDENCIAS <input type="checkbox"/> DEPARTAMENTOS <input type="checkbox"/> TIENDAS <input type="checkbox"/> FÁBRICAS <input type="checkbox"/> BODEGAS <input type="checkbox"/> OTROS ()	
		<input checked="" type="checkbox"/> PÚBLICO	<input type="checkbox"/> JARDÍN DE NIÑOS <input checked="" type="checkbox"/> ESCUELAS <input type="checkbox"/> EDIFICIOS GUBERNAMENTALES <input type="checkbox"/> CENTRO COMUNITARIO <input type="checkbox"/> GIMNASIO <input type="checkbox"/> HOSPITALES <input type="checkbox"/> OTROS ()	
	TIPO DE CONSTRUCCIÓN	<input checked="" type="checkbox"/> CONCRETO REFORZADO <input type="checkbox"/> CONCRETO PRECOLADO <input type="checkbox"/> MAMPOSTERÍA <input type="checkbox"/> COMPUESTA ACERO-CONCRETO		
	SISTEMA ESTRUCTURAL	<input checked="" type="checkbox"/> MARCOS RESISTENTES A MOMENTO <input type="checkbox"/> MUROS ESTRUCTURALES <input type="checkbox"/> OTROS ()		
	ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN	<input type="checkbox"/> SUPERFICIAL O DE CONTACTO <input type="checkbox"/> PROFUNDA O DE PILOTES (TIPO Y CARACTERÍSTICAS _____)		
	DIMENSIONES DE EDIFICIO	NÚMERO DE NIVELES	SUPERESTRUCTURA: <u>4</u> PISOS, PENTHOUSE: <u>2</u> PISOS, SÓTANOS: <u> </u> PISOS	
		PLANTA	UN PISO APROXIMADAMENTE: LONGITUD MAYOR: <u>11</u> m, LONGITUD MENOR: <u>81</u> m.	
	CONFIGURACIÓN DEL SUELO Y TERRENO	<input type="checkbox"/> TERRENO PLANO <input type="checkbox"/> TERRENO INCLINADO <input checked="" type="checkbox"/> ALTIPLANO <input type="checkbox"/> HONDONADA <input type="checkbox"/> OTROS ()		
TOPOGRAFÍA DEL TERRENO	<input type="checkbox"/> CAÑÓN A(<u> </u> m) <input type="checkbox"/> RÍO/MAR/LAGO/PANTANO A(<u> </u> m)			
MATERIALES DE ACABADOS EXTERIORES	<input type="checkbox"/> CONCRETO <input checked="" type="checkbox"/> MORTERO <input type="checkbox"/> AZULEJO <input type="checkbox"/> PIEDRA <input type="checkbox"/> MUROS PRECOLADOS <input type="checkbox"/> PANEL DE CONCRETO PREFABRICADO <input type="checkbox"/> BLOQUES <input type="checkbox"/> PLACAS DE CONCRETO LIGERO <input type="checkbox"/> OTROS ()			

EXISTENCIA DE DOCUMENTACIÓN DE DISEÑO: MEMORIAS DE CÁLCULO: (<input type="checkbox"/> EXISTE <input checked="" type="checkbox"/> NO EXISTE) PLANOS DE DISEÑO: (<input type="checkbox"/> EXISTE <input type="checkbox"/> NO EXISTE) BITÁCORA DE OBRA: (<input type="checkbox"/> EXISTE <input checked="" type="checkbox"/> NO EXISTE)

[EVALUACIÓN CONSIDERANDO EL ASENTAMIENTO TOTAL DEL EDIFICIO] (ASENTAMIENTO MÁXIMO S(m)) <input checked="" type="checkbox"/> SIN DAÑOS (S=0) <input type="checkbox"/> DAÑO MENOR (0<S≤0.2 m) <input type="checkbox"/> DAÑO MEDIO (0.2<S≤1.0 m) <input type="checkbox"/> DAÑO SEVERO (S>1.0 m)
--

[EVALUACIÓN CONSIDERANDO EL DESPLOMO DEL EDIFICIO] (EL ÁNGULO MÁXIMO DE INCLINACIÓN θ (rad)) <input checked="" type="checkbox"/> SIN DAÑO (θ=0) <input type="checkbox"/> DAÑO MENOR (0<θ≤1/100 rad) <input type="checkbox"/> DAÑO MEDIO (1/100 rad<θ≤3/100 rad) <input type="checkbox"/> DAÑO SEVERO (3/100 rad<θ≤6/100 rad) <input type="checkbox"/> COLAPSO (θ>6/100 rad)

[EVALUACIÓN CONSIDERANDO EL PORCENTAJE DE DAÑO Y PÉRDIDA EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES]
 (SE REALIZA PARA CADA ENTREPISO TAMBIÉN, PARA ESTRUCTURAS DE MUROS SE REALIZARÁ PARA CADA DIRECCIÓN; SE ESCRIBIRÁN LOS RESULTADOS DEL ENTREPISO CON LOS RESULTADOS MÁS CRÍTICOS DESPUÉS DE LA EVALUACIÓN DE CLASIFICACIÓN Y NIVEL DE DAÑO).

- (1) NÚMERO DE NIVEL INSPECCIONADO DONDE SE PRESENTA LA MAYOR CONCENTRACIÓN DE DAÑO [/ PISO] EN EL CASO DE MUROS SE INDICARÁ LA DIRECCIÓN [] CORTA [] LARGA
- (2) NÚMERO TOTAL DE COLUMNAS: $A_0 = 49$ (Ó LONGITUD DE MURO) [$A_0 = 49$, ó $A_0 =$ m]
- (3) NÚMERO DE COLUMNAS INSPECCIONADAS: $A=49$ (Ó LONGITUD DE MURO) [$A=49$, ó $A=$ m]
- (4) PORCENTAJE DE COLUMNAS INSPECCIONADAS: [$A/A_0 = 100\%$]
- (5) NUMERO DE COLUMNAS EN CADA NIVEL DE DAÑO, B_i (O BIEN LONGITUD DE MURO):

(MARCOS)	DAÑO NIVEL V	[$B_5 = 0$]	(MUROS)	DAÑO NIVEL V	[$B_5 =$ m]
	DAÑO NIVEL IV	[$B_4 = 1$]		DAÑO NIVEL IV	[$B_4 =$ m]
	DAÑO NIVEL III	[$B_3 = 8$]		DAÑO NIVEL III	[$B_3 =$ m]
	DAÑO NIVEL II	[$B_2 = 1$]		DAÑO NIVEL II	[$B_2 =$ m]
	DAÑO NIVEL I	[$B_1 = 2$]		DAÑO NIVEL I	[$B_1 =$ m]
	DAÑO NIVEL 0	[$B_0 = 37$]		DAÑO NIVEL 0	[$B_0 =$ m]

- (6) CALCULO DEL INDICE DE DAÑO D_i , CORRESPONDIENTE A CADA NIVEL DE DAÑO

NIVEL V	[$D_5 = 1000 B_5 / 7A = 0$]	(PARA $B_5/A > 0.35$, $D_5 = 50$)
NIVEL IV	[$D_4 = 100 B_4 / A = 16.7$]	(PARA $B_4/A > 0.50$, $D_4 = 50$)
NIVEL III	[$D_3 = 60 B_3 / A = 12.5$]	(PARA $B_3/A > 0.50$, $D_3 = 30$)
NIVEL II	[$D_2 = 26 B_2 / A = 11.9$]	(PARA $B_2/A > 0.50$, $D_2 = 13$)
NIVEL I	[$D_1 = 10 B_1 / A = 0.8$]	(PARA $B_1/A > 0.50$, $D_1 = 5$)

 $D = \sum(D_5 \ A \ D_1) = 12.7$

- (7) CLASIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE DAÑO Y PÉRDIDA SEGÚN EL VALOR DE D

[] SIN DAÑO ($D=0$)	[] DAÑO LIGERO ($D \leq 5$)	[] DAÑO MENOR ($5 < D \leq 10$)
[X] DAÑO MEDIO ($10 < D \leq 50$)	[] DAÑO SEVERO ($D > 50$)	[] COLAPSO ($D_5 = 50$)

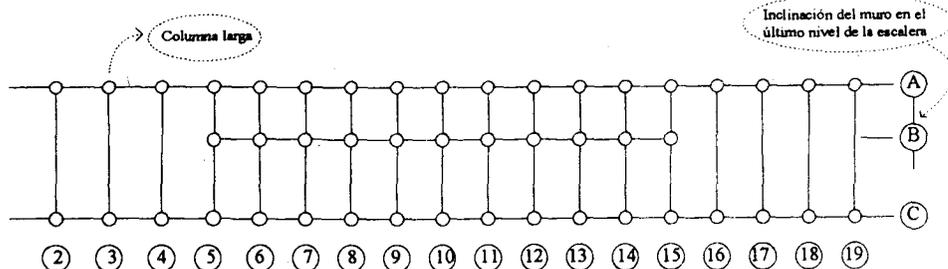
DAÑOS EN ELEMENTOS O SISTEMAS ESTRUCTURALES ADYACENTES

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|------------------------|------------|-----------|------------|-------------|
| [X] PENTHOUSE | [X] SIN DAÑO | [] LIGERO | [] MENOR | [] MEDIO | [] SEVERO | [] COLAPSO |
| [X] ESCALERA EXTERIOR | [] SIN DAÑO | [] LIGERO | [] MENOR | [] MEDIO | [X] SEVERO | [] COLAPSO |
| [] CHIMENEAS | [] SIN DAÑO | [] LIGERO | [] MENOR | [] MEDIO | [] SEVERO | [] COLAPSO |
| [] PASILLOS COMUNICANTES | [] SIN DAÑO | [] LIGERO | [] MENOR | [] MEDIO | [] SEVERO | [] COLAPSO |
| [X] JUNTA DE CONSTRUCCIÓN O EXPANSIÓN | [] SIN DAÑO | [X] CHOQUE EN LA JUNTA | [] SEVERO | | | |
| [] OTROS () | [] _____ | | | | | |

[DAÑOS EN ESTRUCTURA DE CIMENTACIÓN]

- EXISTENCIA DE DAÑOS EN CIMENTACIÓN PROFUNDA (PILOTES): [] SI [] NO [] INCIERTO
 EXISTENCIA DE LICUACIÓN DE SUELO: [] SI [X] NO [] INCIERTO

[OTROS (ESQUEMA DE UBICACIÓN Y COMENTARIOS SOBRE LA CONDICIÓN DE DAÑO)]



LOS NIVELES DE DAÑO EN LAS COLUMNAS DEL PRIMER NIVEL DEL EDIFICIO ESPECIAL PARA AULAS DE LA PREPARATORIA SEITOU
 PERSONA ENCARGADA: HIROSAWA

1. El daño es mediano en general, pero parcialmente es grave.
2. No se observa daño notable en los marcos sur e intermedio de la dirección larga.
3. En el marco norte, se observan agrietamientos notables por cortante en las columnas cortas de los niveles 1 y 2, y agrietamientos menores por flexión o por cortante en la mayoría de las columnas de los niveles 3 y 4.
4. Se está usando el edificio sin refuerzos. Hay que reforzar pronto, por lo menos, por la inyección de mortero y resina epóxica.

Referencias

1. "Manual de técnicas de refuerzo y rehabilitación de edificios dañados por sismo", Ministerio de la Construcción, Asociación de Cooperación e Investigación en Arquitectura, Marzo, 1986.
2. "Guía y comentarios del diseño y construcción sísmica de elementos no estructurales", 1985, Instituto de Arquitectos del Japón.
3. "Documentos sobre los edificios dañados por sismo, reforzados y rehabilitados (Sismo de Niigata)", 1966, Instituto de Arquitectos del Japón.
4. "Texto para el refuerzo sísmico de edificios existentes de concreto reforzado", 1984, Asociación de Ingeniería del Concreto del Japón.
5. "Reporte de investigación del daño en edificios por el sismo de la costa Este de la prefectura de Chiba, 1987", Universidad de Chiba, Instituto de Ciencias de la Universidad de Tokio, Universidad Politécnica de Chiba, Número de agosto, 1988, "Prevención de Desastres en Edificios", Asociación Japonesa de Prevención de Desastres en Edificios
6. "Investigación sobre la relación entre la evaluación del daño en edificios y la evaluación económica del daño (No.2)", Masaya Hirosawa, Diciembre, 1988, Asociación Kenshin.

TÍTULOS PUBLICADOS

Cuaderno de Investigación No. 1: *Bases de datos para la estimación de riesgo sísmico en la ciudad de México*; Mario Ordaz, Roberto Meli, Carlos Montoya Dulché, Lorenzo Sánchez y L. E. Pérez Rocha.

Cuaderno de Investigación No. 2: *Transporte, destino y toxicidad de constituyentes que hacen peligroso a un residuo*; María Esther Arcos Serrano, Josefina Becerril Albarrán, Margarita Espíndola Zepeda, Georgina Fernández Villagómez y María Eugenia Navarrete Rodríguez.

Cuaderno de Investigación No. 3: *Procesos fisicoquímicos para estabilización de residuos peligrosos*; Margarita Yolanda Espíndola Zepeda y Georgina Fernández Villagómez.

Cuaderno de Investigación No. 4: *Reflexiones sobre las inundaciones en México*; Ramón Domínguez Mora, Martín Jiménez Espinosa, Fermín García Jiménez y Marco Antonio Salas Salinas.

Cuaderno de Investigación No. 5: *Modelo lluvia-escurrimiento*; Ramón Domínguez Mora, Martín Jiménez Espinosa, Fermín García Jiménez y Marco Antonio Salas Salinas.

Cuaderno de Investigación No. 6: *Comentarios sobre las normas industriales japonesas de la calidad del concreto; Práctica de Diseño y Construcción en el Japón*; editados por Motoji Saito y Hideaki Kitajima; traducidos por Keiko Suzuki; revisados por Sergio M. Alcocer.

Cuaderno de Investigación No. 7: *Comentarios sobre las normas industriales japonesas de la calidad de agregados para concreto*; editados por Motoji Saito y Hideaki Kitajima; traducidos por Keiko Suzuki; revisados por Sergio M. Alcocer.

Cuaderno de Investigación No. 8: *Report on the January 17, 1994 Northridge Earthquake Seismological and Engineering Aspects; Estudios de Campo*; Takeshi Mikumo, Carlos Gutiérrez, Kenji Kikuchi, Sergio M. Alcocer y Tomás A. Sánchez.

Cuaderno de Investigación No. 9: *Application of FEM (Finite element method) to RC (Reinforced concrete) structures; Investigaciones sobre Sismología e Ingeniería Sísmica en el Japón*; Hiroshi Noguchi.

Cuaderno de Investigación No. 10: *Japanese Press Design Guidelines for Reinforced Concrete Buildings; Práctica de Diseño y Construcción en el Japón*; Shunsuke Otani.

Cuaderno de Investigación No. 11: *Development of advanced reinforced concrete buildings using high-strength concrete and reinforcement -New Construction Technology in Japan-; Investigaciones sobre Sismología e Ingeniería Sísmica en el Japón*; Shunsuke Otani.

Cuaderno de Investigación No. 12: *Red de Observación Sísmica del CENAPRED. Registros acelerográficos obtenidos durante 1993*; Bertha López Najera, Roberto Quaaas Weppen, Salvador Medina Morán, Enrique Guevara Ortiz y Ricardo González Frago.

Cuaderno de Investigación No. 13: *Normas de Diseño para Estructuras de Mampostería del Instituto de Arquitectura del Japón; Práctica de Diseño y Construcción en el Japón*; traducción: Koji Yoshimura, Kenji Kikuchi y Tomás A. Sánchez.

Cuaderno de Investigación No. 14: *Informe del estado actual de las edificaciones dañadas durante el sismo de Michoacán de 1985 en la zona epicentral (Revisión de los métodos de reparación y refuerzo empleados) - Informe sobre las Ciudades de Lázaro Cárdenas e Ixtapa/Zihuatanejo-; Estudios de Campo*; Shunsuke Otani, Kenji Kikuchi, Sergio M. Alcocer y Oscar López B.

Cuaderno de Investigación No. 15: *A study on nonlinear finite element analysis of confined masonry walls*; Kazuhiko Ishibashi y Hideo Katsumata.

Cuaderno de Investigación No. 16: *Deterministic inverse approaches for near-source high-frequency strong motion*; Masahiro Iida.

Cuaderno de Investigación No. 17: *Seguridad sísmica de la vivienda económica*; R. Meli, S. M. Alcocer, L. A. Díaz Infante, T. A. Sánchez, L. E. Flores, R. Vázquez del Mercado y R. R. Díaz.

Cuaderno de Investigación No. 18: *Sismicidad y movimientos fuertes en México: Una visión actual*; Shri K. Singh y Mario Ordaz.

Cuaderno de Investigación No. 19: *Red de Observación Sísmica del CENAPRED. Registros acelerográficos obtenidos durante 1990*; Bertha López Najera, Roberto Quaas Weppen, Salvador Medina Morán, Enrique Guevara Ortiz y Ricardo González Fragoso.

Cuaderno de Investigación No. 20: *Red de Observación Sísmica del CENAPRED. Registros acelerográficos obtenidos durante 1991*; Bertha López Najera, Roberto Quaas Weppen, Salvador Medina Morán, Enrique Guevara Ortiz y Ricardo González Fragoso.

Cuaderno de Investigación No. 21: *Red de Observación Sísmica del CENAPRED. Registros acelerográficos obtenidos durante 1992*; Bertha López Najera, Roberto Quaas Weppen, Salvador Medina Morán, Enrique Guevara Ortiz y Ricardo González Fragoso.

Cuaderno de Investigación No. 22: *Development of new reinforced concrete structures*; Hiroyuki Aoyama.

Cuaderno de Investigación No. 23: *Respuesta sísmica de edificios de mampostería desplantados en suelo blando*; Roberto Durán Hernández y Eduardo Miranda Mijares.

Cuaderno de Investigación No. 24: *Erosión de laderas*; Fermín García Jiménez, Oscar Fuentes Mariles y Jesús Gracia Sánchez.

Cuaderno de Investigación No. 25: *Espectros de diseño sísmico para limitar el daño estructural*; M. Ordaz y E. Faccioli.

Cuaderno de Investigación No. 26: *Escurrimientos en ríos y volúmenes de inundación por desbordamiento*; Oscar Arturo Fuentes Mariles, Marco Antonio Salas Salinas, Martín Jiménez Espinosa, María-Teresa Vázquez Conde y Fermín García Jiménez.

Cuaderno de Investigación No. 27: *Muestreo y caracterización de residuos peligrosos*; María Eugenia Navarrete Rodríguez y Josefina Becerril Albarrán.

Cuaderno de Investigación No. 28: *Avenidas de diseño para presas de gran capacidad*; María Teresa Vázquez Conde, Martín Jiménez Espinosa, Ramón Domínguez Mora y Oscar Fuentes Mariles.

Cuaderno de Investigación No. 29: *Tecnologías de tratamiento para la descontaminación de suelos*; Carlos Manuel Ibarraran Díaz, María Esther Arcos Serrano, Cecilia Izcapa Treviño y Georgina Fernández Villagómez.

Cuaderno de Investigación No. 30: *Red de Observación Sísmica del CENAPRED. Registros acelerográficos obtenidos durante 1994*; Bertha López Najera, Roberto Quaas Weppen, Martha Legorreta Díaz, Enrique Guevara Ortiz, Ricardo González Fragoso, David Almora Mata y Ricardo Vázquez Larquet.

Cuaderno de Investigación No. 31: *A statistical method for the investigation of site effects by means of downhole array -SH and Love waves-*; Shigeo Kinoshita.

Cuaderno de Investigación No. 32: *Introducción al método de pruebas en línea controladas por computadora -pruebas pseudodinámicas-*; Oscar López Bátiz, Masayoshi Nakashima, Naoki Tanaka, Hiroto Kato y Jun Tagami.

Cuaderno de Investigación No. 33: *Microzonificación sísmica de la ciudad de Colima*; Carlos Gutiérrez M., Kazuaki Masaki, Javier Lermo y Julio Cuenca.

Cuaderno de Investigación No. 34: *Estudios del subsuelo en el valle de México*; Yamashita Architects & Engineers Inc. Oyo Corporation, Miguel A. Santoyo.

Cuaderno de Investigación No. 35: *Un Procedimiento para el Diseño de Obras de Excedencias*; José Luis Sánchez Bribiesca, Fernando González Villarreal, Ramón Domínguez Mora, Martín Jiménez Espinosa.

Cuaderno de Investigación No. 36: *Norma para la Evaluación del Nivel de Daño por Sismo en Estructuras y Guía Técnica de Rehabilitación (Estructuras de Madera)*; Takeshi Jumonji.

Cuaderno de Investigación No. 37: *Norma para la Evaluación del Nivel de Daño por Sismo en Estructuras y Guía Técnica de Rehabilitación (Estructuras de Concreto Reforzado)*; Takeshi Jumonji.

Cuaderno de Investigación No. 38: *Estimación del riesgo volcánico en términos de la distribución estadística de erupciones explosivas*; Servando de la Cruz-Reyna

Cuaderno de Investigación No. 39: *Normas y comentarios para la evaluación del comportamiento ante sismo de estructuras existentes de concreto reforzado*; Takeshi Jumonji.

Cuaderno de Investigación No. 40: *Informe del daños en edificaciones durante el sismo de Colima del 9 de octubre en la zona epicentral -Informe sobre las ciudades de Manzanillo, Cihuatlán, Barra de Navidad, Melaque y Jaluco-*; Oscar López Bátiz, Masaomi Teshigawara.

Cuaderno de Investigación No. 41: *Módulo matemático de áreas de inundación*; Óscar Arturo Fuentes Mariles, Luis Eduardo Franco Hernández.

Cuaderno de Investigación No. 42: *Probabilidad de presentación de ciclones tropicales en México*; Óscar Arturo Fuentes Mariles, María Teresa Vázquez Conde.

Cuaderno de Investigación No. 43: *Guía de diseño para refuerzo sísmico de estructuras existentes de concreto reforzado*; Takeshi Jumonji.

Cuaderno de Investigación No. 44: *Guía de aplicación de la norma de evaluación de comportamiento ante sismo y de la Guía de refuerzo para estructuras existentes de concreto reforzado (edición revisada)*; Takeshi Jumonji.

Cuaderno de Investigación No. 45: *Red de Observación Sísmica del CENAPRED. Registros acelerográficos obtenidos durante 1995*; Bertha López Nájera, Roberto Quaa Weppen, Ramón Ruíz Quintana, Mauricio Ortega Ruíz, David Almora Mata y Ricardo Vázquez Larquet.

Cuaderno de Investigación No. 46: *Análisis de sequías en México*; Fermín García Jiménez y Óscar Arturo Fuentes Mariles.

Cuaderno de Investigación No. 47: *Metodología para la prevención de accidentes y daños a la salud y al ambiente ocasionados por mercurio o sus compuestos*; Luis Soria Puente.

Cuaderno de Investigación No. 48: *Estimación de espectros de respuesta elastoplástica*; Mario Ordaz, y Luis Eduardo Pérez Rocha

Cuaderno de Investigación No. 49: *Obras de Protección contra inundaciones*; Marco A. Salas Salinas

Cuaderno de Investigación No. 50 *Evaluación del impacto socioeconómico de los principales desastres naturales ocurridos en la República Mexicana durante 1999*; Daniel Bitrán Bitrán

*Cuaderno de investigación No. 37 "Norma para la Evaluación del Nivel de Daño
Guía Técnica de Rehabilitación (Estructuras de Concreto Reforzado)" se terminó d
en los talleres de Imprenta Cosmos Efren Rebolledo 106-A Bis, Col. Obre
La edición en papel Bond de 90 Gms. en interiores y portada en cartulina
300 ejemplares más sobrantes para reposición*



SECRETARÍA DE
GOBERNACIÓN

SEGOB

Coordinación General de Protección Civil
Centro Nacional de Prevención de Desastres

Av. Delfín Madrigal No 865,
Col. Pedregal de Sto. Domingo,
Deleg. Coyoacán,
México D.F., C.P. 04350

www.cenapred.unam.mx