

***MANUAL DE CONSTRUCCIÓN, EVALUACIÓN Y
REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS DE
MAMPOSTERÍA***

ais

**ASOCIACION COLOMBIANA DE
INGENIERIA SISMICA**



**FONDO PARA LA RECONSTRUCCIÓN
Y DESARROLLO SOCIAL DEL EJE
CAFETERO - FOREC**

LA RED

**RED DE ESTUDIOS SOCIALES EN
PREVENCIÓN DE DESASTRES EN
AMÉRICA LATINA - LA RED**

Este manual ha sido elaborado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS, con el apoyo financiero del Fondo para la Reconstrucción y Desarrollo Social del Eje Cafetero - FOREC y de la Dirección para la Prevención y Atención de Emergencias - DPAE de Bogotá, con la participación de ingenieros del Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos CEDERI de la Universidad de los Andes y aportes de miembros de la Asociación de Ingenieros Estructurales de Antioquia. La publicación de esta edición se ha realizado con la contribución económica de **LA RED DE ESTUDIOS SOCIALES EN PREVENCIÓN DE DESASTRES EN AMÉRICA LATINA - LA RED**. La AIS agradece su colaboración para la divulgación gratuita de esta guía de seguridad sísmica.

FONDO PARA LA RECONSTRUCCIÓN Y DESARROLLO SOCIAL DEL EJE CAFETERO - FOREC
DIRECCIÓN PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - DPAE

©ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA - AIS

ais@uniandes.edu.co

<http://www.asosismica.org>

Textos:

Luis Eduardo Yamín L.

Omar Darío Cardona A.

Shirly Merlano

Carlos Blandón

Luis Gonzalo Mejía

Jesús Humberto Arango

Ilustraciones:

Carlos Alberto Gómez F., Hormiga

ISBN 958-96394-6-1

EJEMPLAR GRATUITO: PROHIBIDA SU VENTA

Impresión

Editorial Carrera 7a Ltda

Tels: 2684436 - 2684439 - 2691002

E-mail: editk7@epmbog.net

Impreso en Colombia

RECONOCIMIENTO

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica,
La Comisión Asesora del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes y
El Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia agradecen a:

LA RED

**LA RED DE ESTUDIOS SOCIALES EN PREVENCIÓN
DE DESASTRES EN AMÉRICA LATINA - LA RED**

La publicación de 1000 ejemplares de este manual, con el fin de promover su divulgación y utilización en los países de América Latina y el Caribe, y en particular, debido a los desastres causados por los terremotos de enero y febrero en la República de El Salvador y de junio en el Perú durante el año 2001.

INTRODUCCIÓN

Uno de los aportes de las Normas Sísmicas Colombianas desde su primera expedición en 1984 fue el Título E, correspondiente a las disposiciones simplificadas para el diseño y construcción de viviendas de uno y dos pisos. Las nuevas Normas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98 incorporaron de nuevo este título, el cual fue revisado y actualizado en algunos aspectos, aunque sus fundamentos siguen siendo los mismos: el contar con unos requisitos simplificados para la construcción de viviendas o casas de uno o dos pisos. El primer capítulo de este manual ilustra y comenta las disposiciones del Título E de las Normas NSR-98, lo que facilitará a los profesionales de la construcción y a otras personas no expertas en el tema la aplicación de especificaciones mínimas en casos de vivienda individual o proyectos que no superen las 15 viviendas o los 3000 metros cuadrados de área de construcción del conjunto

El segundo capítulo de este manual permite evaluar de manera sencilla la vulnerabilidad sísmica de viviendas de uno y dos pisos ya construidas, con el fin de identificar las deficiencias que deben ser intervenidas si se desea mejorar su seguridad y su comportamiento sísmico en caso de terremoto. El tercer capítulo presenta un método para evaluar el daño en viviendas afectadas por sismo, con el fin de estimar de qué manera se pueden rehabilitar y mejorar su comportamiento sismo resistente. Finalmente, el cuarto capítulo presenta la manera como se pueden reforzar, reparar o reconstruir viviendas vulnerables o que han sido afectadas por terremotos. De esta manera este manual se orienta a profesionales y a personal no experto en la labor de rehabilitar en forma sismo resistente viviendas de uno y dos pisos de acuerdo con las disposiciones de las Normas NSR-98.

Este manual ha sido elaborado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS con el apoyo financiero del Fondo para la Reconstrucción y Desarrollo Social del Eje Cafetero FOREC y de la Dirección para la Prevención y Atención de Emergencias DPAAE de Bogotá. Participaron en su elaboración los Ingenieros Luis Eduardo Yamín L., Omar Darío Cardona A., Shirly Merlano y Carlos Blandón del Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos CEDERI de la Universidad de los Andes. También, hicieron aportes a este trabajo los Ingenieros Luis Gonzalo Mejía y Jesús Humberto Arango de la Asociación de Ingenieros Estructurales de Antioquia. Las ilustraciones fueron realizadas por el Arquitecto Carlos Alberto Gómez Fernández, Hormiga. La AIS agradece a estos profesionales y a todos los miembros de la asociación que realizaron comentarios, recomendaciones y sugerencias por su aporte y disposición.

Omar Darío Cardona Arboleda
Presidente

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERIA SÍSMICA

MANUAL DE CONSTRUCCIÓN, EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN
SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA

**CAPITULO I: CONSTRUCCIÓN SISMO
RESISTENTE DE VIVIENDAS**

TERREMOTOS Y SISMO RESISTENCIA	1-2
¿Qué es un terremoto?	1-2
¿Qué es la amenaza sísmica?	1-2
¿Qué es la sismo resistencia?	1-3

LOS PRINCIPIOS DE LA SISMO RESISTENCIA	1-4
Forma regular	1-4
Bajo Peso	1-4
Mayor rigidez	1-4
Buena estabilidad	1-4
Suelo firme y buena cimentación	1-4
Estructura apropiada	1-4
Materiales competentes	1-5
Calidad de construcción	1-5
Capacidad de disipar energía	1-5
Fijación de acabados e instalaciones	1-5

LOCALIZACIÓN DE LA VIVIENDA	
¿Qué hacer?	1-6

CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL	1-7
Geometría	1-7

Resistencia	1-7
Rigidez	1-8
Continuidad	1-8

MATERIALES	1-9
Cemento	1-9
Agregados	1-9
Acero	1-12
Unidades de mampostería	1-12
Morteros de pega	1-13

CIMENTACIÓN	1-14
Generalidades	1-14
Detalles de la cimentación	1-15
Proceso constructivo	1-18
Sobrecimientos	1-21
Consideraciones sobre las tuberías	1-21

MUROS	1-23
Generalidades	1-23
Aparejo y juntas de pega	1-23
Cantidad mínima de muros en cada dirección	1-24
Detalles de los muros confinados	1-25
Ejemplo	1-26
Proceso constructivo	1-27

ABERTURAS EN LOS MUROS	1-28	QUÉ ES LA VULNERABILIDAD SÍSMICA?	2-4
COLUMNAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO	1-30	ASPECTOS QUE AFECTAN LA VULNERABILIDAD SÍSMICA	2-5
<i>Generalidades</i>	1-30	• Aspectos geométricos	2-5
<i>Columnas de confinamiento</i>	1-32	• Aspectos constructivos	2-5
<i>Vigas de confinamiento</i>	1-34	• Aspectos estructurales	2-5
LOSAS DE ENTREPISO Y CUBIERTAS	1-37	• Cimentación	2-5
<i>Losas macizas</i>	1-38	• Suelos	2-5
<i>Proceso constructivo de losas macizas</i>	1-41	• Entorno	2-5
<i>Losas aligeradas</i>	1-42	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA	2-6
CUBIERTAS	1-45	• Aspectos geométricos	2-7
OTROS DETALLES DE CONSTRUCCIÓN	1-48	- Irregularidad en planta de la edificación	2-7
<i>Instalaciones eléctricas</i>	1-48	- Cantidad de muros en las dos direcciones	2-8
<i>Instalaciones sanitarias</i>	1-49	- Irregularidad en altura	2-9
<i>Escaleras</i>	1-50	• Aspectos constructivos	2-10
CAPITULO II: EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS		- Calidad de las juntas de pega en mortero	2-10
CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE VIVIENDAS SEGÚN SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN DE MUROS	2-2	- Tipo y disposición de las unidades de mampostería	2-11
• Mampostería no reforzada	2-2	- Calidad de los materiales	2-12
• Mampostería confinada	2-2	• Aspectos estructurales	2-13
• Mampostería reforzada.	2-2	- Muros confinados y reforzados	2-13
TIPOS DE ELEMENTOS SUSCEPTIBLES A SUFRIR DAÑO EN VIVIENDAS DE UNO Y DOS PISOS	2-3	- Detalles de columnas y vigas de confinamiento	2-14
		- Vigas de amarre o corona	2-15
		- Características de las aberturas	2-16
		- Entrepiso	2-17
		- Amarre de cubiertas	2-18
		• Cimentación	2-19
		• Suelos	2-20
		• Entorno	2-21
		RESUMEN - VULNERABILIDAD	2-22

CAPITULO III: EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DAÑO EN VIVIENDAS AFECTADAS POR SISMOS

INTRODUCCIÓN

3-2

ELEMENTOS SUSCEPTIBLES A SUFRIR DAÑOS EN VIVIENDAS

3-3

- Mampostería no reforzada 3-3
 - Muros cortos o pilastras 3-3
 - Vigas, dinteles, antepechos 3-3
 - Muros fuertes 3-3
- Mampostería confinada 3-4
 - Paneles 3-4
 - Elementos de confinamiento (vigas y columnas) 3-4
- Mampostería reforzada. 3-5
 - Muros fuertes 3-5
 - Muros débiles 3-5
 - Vigas, dinteles, antepechos 3-5

CLASIFICACIÓN GLOBAL DEL DAÑO EN ELEMENTOS INDIVIDUALES

3-6

- Mampostería no reforzada 3-6
 - Muros cortos o pilastras (Mecanismo de rotación de muro) 3-6
 - Muros cortos o pilastras (Deslizamiento de juntas horizontales) 3-7
 - Muros cortos o pilastras (Mecanismo de tensión diagonal) 3-8
 - Vigas, dinteles, antepechos (Rotación en elementos de soporte) 3-9
 - Vigas, dinteles, antepechos (Rotación y eventual desplazamiento relativo en elementos de soporte) 3-10

- Muros fuertes (Flexión / Rotura de la base / Desplazamiento de las juntas horizontales) 3-11

- Muros fuertes (Grietas por flexión / Rotura de la base) 3-12

- Mampostería confinada 3-14

- Paneles (Rotura y fisuración en las esquinas) 3-14

- Paneles (Tensión diagonal) 3-15

- Paneles (Mecanismo de tensión diagonal) 3-16

- Paneles (Desplazamiento de las juntas horizontales) 3-16

- Paneles (Rotura diagonal y rotura de las esquinas) 3-17

- Paneles (Efectos fuera del plano del muro) 3-18

- Columnas de confinamiento (Agrietamiento de la columna por falla a cortante) 3-19

- Columnas de confinamiento (Falla del empalme del traslape) 3-20

- Columnas de confinamiento (Daño en la conexión viga-columna) 3-21

- Mampostería reforzada. 3-22

- Muros fuertes (Flexión dúctil) 3-22

- Muros fuertes (Flexión / Cortante) 3-23

- Muros fuertes (Flexión / Deslizamiento por corte) 3-24

- Muros fuertes (Flexión / Inestabilidad fuera del plano) 3-25

- Muros fuertes (Flexión / Deslizamiento de las uniones traslapadas) 3-26

- Muros débiles (Flexión / Cortante) 3-27

- Muros débiles (Cortante puro) 3-28

- Vigas débiles (Flexión / Cortante) 3-29

- Vigas débiles (Cortante puro) 3-30

CALIFICACIÓN GLOBAL DEL NIVEL DE DAÑO	3-31	REHABILITACIÓN - DAÑOS	4-9
CALIFICACIÓN GLOBAL DEL DAÑO EN VIVIENDAS DE UNO Y DOS PISOS	3-35	A. REPARACIÓN DE VIVIENDAS	4-10
ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES TÍPICOS DE UNA VIVIENDA SUSCEPTIBLES DE SUFRIR DAÑO	3-36	• A.1 Reparación cosmética: Pañete	4-11
DAÑOS EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	3-37	• A.2 Reparación cosmética: Reparación de juntas de mortero	4-14
EJEMPLOS TÍPICOS DE DAÑO EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	3-38	• A.3 Reparación cosmética: Inyección de grietas con epóxico	4-17
CAPITULO IV: REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE		• A.4 Reparación Estructural: Inyección de grietas	4-21
QUÉ ES REHABILITACIÓN DE VIVIENDAS?	4-2	• A.5 Roturas y estilladuras de material	4-23
• Reparaciones	4-2	• A.6 Reparación Estructural: Reemplazo de barras de refuerzo	4-26
• Reforzamiento	4-2	• A.7 Reparación Estructural: Reemplazo de muros	4-28
• Reconstrucción	4-2	• A.8 Reparación Estructural: Reparación de elementos de confinamiento de concreto reforzado	4-31
CUÁNDO SE REQUIERE REHABILITAR UNA VIVIENDA?	4-3	• A.9 Reparación Estructural: Reemplazo de elementos de entrepiso y/o cubierta de madera	4-33
PROCEDIMIENTO PARA DEFINIR EL GRADO DE INTERVENCIÓN PARA REHABILITACIÓN	4-4	B. REFORZAMIENTO DE VIVIENDAS	4-35
CÓMO SE REHABILITA UNA VIVIENDA?	4-5	• B.1 Construcción de vigas y columnas de confinamiento en concreto reforzado	4-36
REHABILITACIÓN - VULNERABILIDAD	4-6	• B.2 Revestimiento estructural en concreto reforzado	4-38
		• B.3 Refuerzo de la cimentación	4-41
		• B.4 Confinamiento de aberturas	4-43
		• B.5 Reemplazo de muros no estructurales o muros con aberturas por muros estructurales	4-45
		• B.6 Costura de grietas con barras de refuerzo	4-47
		• B.7 Revestimiento estructural mediante fibras compuestas	4-50
		C. RECONSTRUCCIÓN	4-52
		BIBLIOGRAFÍA	